



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA
Y GEOGRÁFICA**

E.A.P. DE INGENIERÍA METALÚRGICA

**Uso de carburo de tungsteno en la confección y/o
reparación de trépanos para operaciones especiales de
workover en pozos petroleros**

INFORME PROFESIONAL

Para optar el Título de Ingeniero Metalúrgico

AUTOR

Clemente Rafael Palacios Zapata

LIMA – PERÚ
2012

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
GLOSARIO DE TÉRMINOS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
RESUMEN	1
ABSTRACT	3
I. INTRODUCCIÓN	4
II. OBJETIVO GENERAL	7
III. UBICACIÓN Y DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PETROLERA	7
IV. ASPECTOS TEÓRICOS	12
4.1. Diagrama Fe-C.	12
4.2. Composición de los aceros (Matriz).	14
4.3. Herramientas.	15
4.3.1. Trépano Plano – Junk Mill.	15
4.3.2. Otros trépanos que se usan	17
4.4. Fundamento de un Trépano.	20
4.5. Procedimiento: Soldadura oxiacetilénico.	20
4.5.1. Características de los elementos de la Soldadura Oxiacetilénica: (PETROPERÚ S.A., 2011)	21
4.5.2. Regulación de la llama oxiacetilénica : (PETROPERÚ S.A, 2011)	22

“Uso de Carburo de Tungsteno en la confección y/o reparación de trépanos para operaciones especiales de Workover en pozos petroleros.”

4.5.3. Parte de la soldadura oxiacetilénica: (PETROPERÚ S.A, 2011)	25
4.5.4. Disposiciones para la correcta utilización de los cilindros: (PETROPERÚ S.A, 2011)	26
4.5.5. Disposiciones para la seguridad del operador: (PETROPERÚ S.A, 2011)	28
4.5.6. Utilice los siguientes equipos e instalaciones de seguridad: (PETROPERÚ S.A, 2011)	31
4.5.7. Lo que nunca se debe hacer: (PETROPERÚ S.A, 2011)	31
4.5.8. Seguridad: (PETROPERÚ S.A, 2011)	33
4.5.9. Normas de seguridad frente a incendios/explosiones en trabajos de soldadura: (PETROPERÚ S.A, 2011)	34
4.5.10. Normas de seguridad generales: (PETROPERÚ S.A, 2011)	34
4.5.11. Normas de seguridad específicas: (PETROPERÚ S.A, 2011)	35
4.5.12. Exposición a humos y gases: (PETROPERÚ S.A, 2011)	40
4.6. Tipos de soldaduras que se usara para reparación y confección de un trépano.	41
4.6.1. Varilla compuesta de fragmentos de carburo de tungsteno sinterizado en una matriz dúctil de cobre-zinc-níquel	41
4.6.2. Fundentes en la soldadura por fusión	41
4.6.3. Varillas de Bronce-Níquel de baja expulsión de humos con 10% Níquel	41
4.7. Programa de reparación de un pozo petrolero con trépano.	42
V. PARTE EXPERIMENTAL	43
5.1. Procedimiento para preparar y/o reparar un trepano.	43

“Uso de Carburo de Tungsteno en la confección y/o reparación de trépanos para operaciones especiales de Workover en pozos petroleros.”

5.2. Ejecución en la preparación y/o reparación de un trépano:	
Modelo Trépano plano (Tipo Concave Mill).	44
5.2.1. Procedimiento.	45
5.2.2. Secuencia de la reparación del trépano plano.	46
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	48
VII. CONCLUSIONES	49
VIII. RECOMENDACIONES	50
IX. BIBLIOGRAFÍA	51
X. ANEXOS	
Anexo 01: Tipos de soldaduras.	52
Anexo 02:	
• Programa intervención- reparación de un Pozo y diagrama de flujo.	54
• Diagrama de flujo del mantenimiento.	55
Anexo 03: Secuencia en la reparación del Trépano.	56
Anexo 04: Tabla comparativa de durezas.	63
Anexo 05: Hoja de especificaciones – Data Sheet	64
Anexo 06: Aceros de baja aleación al molibdeno.	66
Anexo 07: Varillas de aleación con fragmentos de metal duro - Hard Braze	67
Anexo 08: Soldadura de Bronce al Níquel utilizada en la reparación de los trépanos para operaciones de Workover.	68

DEDICATORIA

*A Nuestro Señor Jesucristo, Nuestra
Madre siempre Virgen María y a mi
Amigo San Judas Tadeo, infinitas
gracias.*

*A la mujer que me crió, mi abuela
Ofelia Valladares Bautista +. A
mis padres Matilde Zapata
Valladares + y Clemente E.
Palacios Rodríguez , Gracias por
lo que soy.*

*A mi compañera de toda la vida,
mi esposa Ana Mabel Zapata
Mogollón, a quien debo muchos de
mis logros.*

*A mis hijas Claudia, Angie y
Cynthia, que son un constante
estímulo de superación.*

AGRADECIMIENTO

A mi amigo ~~Humberto Alemán~~ gerente de la factoría SERMEPET S.R.L. Talara, por su apoyo en la realización del trabajo, sin su ayuda no hubiera sido posible obtener la optimización de los resultados.

*A mis amigos y compañeros de trabajo:
Ing. ~~Marcos Seminario~~, Ing. ~~Manuel Chunga~~ y ~~Lanny Carreño~~, por sus constantes estímulos de superación.
Al Ing. ~~Gian Percy Lozano~~ por su ayuda constante.*

Al Ing. ~~Ángel Azañero Ortiz~~, por su valiosa ayuda incondicional para culminar este trabajo.

Al Ing. ~~Daniel Lovera~~, Ing. ~~Edgardo Tabuche~~, Ing. ~~Vladimir Arias~~, por su valioso tiempo dedicado a la corrección de mi trabajo.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- 1. Acero especial Bonificado:** Se refiere a los procesos combinados de temple y revenido juntos se les denomina BONIFICADO.
- 2. Atracción capilar (capillary attraction):** La fuerza que empuja a un líquido a través de dos superficies paralelas.
- 3. Buena Maquinabilidad:** El acero tiene buena maquinabilidad cuando puede ser sometido a procesos de arranque de viruta con facilidad. La mayor o menor maquinabilidad de la pieza depende fundamentalmente de la dureza y de la composición química del material, así como de la adecuada selección de la herramienta y el procedimiento de corte.
- 4. Corrosión entre caras (crevice corrosion):** Cuando se realiza uniones de acero inoxidable martensíticos, utilizando materiales de aporte base plata, y el acero esta sometido a condiciones de servicio de humedad o en contacto con agua, la unión puede fallar como resultado de la corrosión producida entre el acero inoxidable y la intercara del material de aporte.
- 5. Descincificación:** Es una forma de corrosión galvánica, generalmente asociada con dos fases de aleaciones de latón, en la que la fase rica en Zn es selectivamente arrojada del latón, dejando una matriz de una fase rica en cobre. Esto puede ocurrir cuando las uniones son expuestas a una atmósfera salina.

- 6. Ductilidad:** Es la capacidad de un material de deformarse plásticamente sin fracturarse. Un material muy dúctil es fácilmente deformado en frío (embutido, doblado) y/o mecanizado. El material es blando.
- 7. Dureza:** Se define como la resistencia que ofrece el material a la deformación plástica, así por ejemplo, si se tienen dos materiales y se intenta rayar uno contra el otro, será más duro el que no queda rayado (deformado plásticamente). Como no es una propiedad de los materiales, el valor de la dureza obtenido en una prueba determinada, sirve sólo como referencia.
- 8. Eutéctica (eutectic):** Aleación que solo tiene un punto de fusión, como los metales puros.
- 9. Fragilidad:** Se refiere a su escasa capacidad de absorber energía por lo que se fractura apenas está sometido a mayores esfuerzos. La fragilidad es contraria a la ductilidad.
- 10. Fundente (flux):** componente químico aplicado a los metales base para protegerles de la formación de óxido durante el calentamiento, y para favorecer el mojado del metal de aporte.
- 11. Holgura de la unión (joint gap):** distancia existente entre los metales que van a ser unidos.
- 12. Licuación (liquation):** Cuando un material de aporte que posee un amplio rango de fusión es calentando muy lentamente, la fase con el punto de fusión más baja es la primera que comienza a fluir. El material

que queda atrás cambia de composición presentando un punto de fusión más alto, y no fluiría fácilmente. El resultado de este fenómeno se manifiesta en una unión de baja calidad y exteriormente deslucida.

13.Liquidus: Temperatura más baja en la que el material de aporte está completamente líquido.

14.Mojado (wetting): Se produce cuando el metal de aporte fluye y empapa las paredes del metal base.

15.Operaciones de perforación: Son operaciones que se realizan en el caso que ni las mejores herramientas ni el adelanto tecnológico permiten pescar económicamente para recuperar piezas intactas. La herramienta que se utiliza para esta operación se denomina trépano.

16.Operaciones de pesca: Son técnicas especiales que se realizan con herramientas especiales con el objetivo de sacar o recuperar cualquier objeto o herramienta y continuar con las operaciones normales (perforación, completación, servicio de pozos).

17.Pescado: Es cualquier objeto, pieza de un equipo, herramienta o parte de una sarta que se ha quedado o dejado voluntaria e involuntariamente en el pozo durante los trabajos de perforación, completación o servicio de pozos. Este objeto tiene que ser recuperado, destruido o evadido para continuar con las operaciones normales.

18.Pescante: Son herramientas especiales que se utilizan con el objetivo de extraer o recuperar el pescado, para continuar con las operaciones normales.

19.Punto de pesca: Es la profundidad donde se encuentra ubicada el pescado.

20.Penetración intergranular: las aleaciones base níquel son propensas a la formación de grietas cuando el material de aporte utilizado es base plata y los componentes están sometidos a elevados niveles de fatiga.

21.Rango de fusión (melting range): Rango de temperaturas por encima del cual el metal de aporte funde. Rango formado entre el solidus y el liquidus de la aleación.

22.Resistencia al Desgaste: La dureza es la propiedad más importante que se requiere para resistir el desgaste abrasivo. Sin embargo la resistencia al desgaste depende también de otros factores: el acabado superficial de la herramienta (con superficie más lisa se consigue un coeficiente de fricción más bajo), la composición química de la herramienta y de los materiales de trabajo, entre otros.

23.Revenido: consiste en un calentamiento a baja temperatura con el fin de ajustar las propiedades del acero templado a las requeridas para su uso, aumentando su tenacidad.

24.Solidus: La temperatura más alta en la que el material de aporte esta completamente sólido.

25.Tenacidad: En aceros debe ser lo suficientemente alta para prevenir fracturas instantáneas de herramientas o cantos de herramientas debido a sobrecargas localizadas. La tenacidad es la capacidad de absorber energía sin que falle el material por fractura. Se caracteriza generalmente por una combinación de resistencia y ductilidad.

26.Temple: es el enfriamiento desde la temperatura de austenización es normalmente violento en baño isotérmico, aceite o agua. Tiene por finalidad obtener una elevada dureza. El acero en este estado tiene grandes tensiones internas y alta fragilidad, por lo que se hace necesario un revenido.

27.Trépano: También llamado fresador, (llamados comunmente molinos durante la operación de workover) son herramientas especiales que se utilizan para triturar el pescado, mediante acción rotativa y circulación de fluido. Esta herramienta se encuentra reforzada con carburo de tungsteno.

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Campamento PETROBRAS – El Alto	7
Figura 2. Cuenca Talara – Lote X. Ubicación de los Yacimientos.	8
Figura 3. Columnas Estratigráficas – Estructurales por Yacimientos – Lote X – Talara.	8
Figura 4. Columna Estratigráfica: Formaciones que actualmente se están produciendo	9
Figura 5. Taladro de Perforación automático que opera en el Lote X – Talara	10
Figura 6. Equipo de Workover.	10
Figura 7. Vista panorámica de equipo de Workover.	11
Figura 8. Diagrama de fases de Fierro	12
Figura 9. Efectos del carbón en la dureza de un acero.	13
Figura 10. Junk Mill	15
Figura 11. Elementos del Pilot Mill	17
Figura 12. Elementos del Taper Mill	18
Figura 13. String Taper Mill	19
Figura 14. Econo Mill	19
Figura 15. Elementos principales de una instalación móvil de soldadura oxiacetilén	21
Figura 16. Regulación de la llama oxiacetilénica	22
Figura 17. Sistema operativo soldadura oxiacetilénica	25
Figura 18. Sistema de acetileno	25

“Uso de Carburo de Tungsteno en la confección y/o reparación de trépanos para operaciones especiales de Workover en pozos petroleros.”

Figura 19. Varillas de Carburo de Tungsteno en matriz de bronce.	52
Figura 20. Varillas de bronce – níquel.	53
Figura 21. Programa de intervención y reparación de un pozo.	54
Figura 22. Diagrama de Proceso de Reparación de un pozo.	55
Figura 23. Trepano desgastado que va a reparación	56
Figura 24. Paso 1. Acomoda trépano a reparar en mesa de trabajo	56
Figura 25. Paso 2. Se retira el material fatigado compuesto por soldadura de bronce e insertos de Carburo de Tungsteno.	57
Figura 26. Paso 3. Trépano libre de material fatigado	57
Figura 27. Paso 4. Matriz lista para aplicar la soldadura de bronce con insertos de Carburo de Tungsteno.	58
Figura 28. Paso 5. Aplicación de soldadura de bronce niquelado en matriz del trépano.	58
Figura 29. Paso 6. Se deposita inserto de Carburo de Tungsteno en soldadura de bronce niquelado, aplicado en matriz.	59
Figura 30. Paso 7. Acomodando los insertos de Carburo de Tungsteno con soldadura de relleno de bronce niquelado	59
Figura 31. Paso 8. Aplicación de soldadura de bronce e insertos de Carburo de Tungsteno.	60
Figura 32. Paso 9. El trépano es cubierto para su enfriamiento lento durante 18 horas al aire libre	60
Figura 33. Paso 10. El trépano es esmerilado para dar diámetro correcto	61
Figura 34. Paso 11. Verificación del diámetro correcto	61
Figura 35. Paso 12. Mantenimiento terminado exitosamente	62

“Uso de Carburo de Tungsteno en la confección y/o reparación de trépanos para operaciones especiales de Workover en pozos petroleros.”

Figura 36. Acero de baja aleación al molibdeno	64
Figura 37. Acero de baja aleación al molibdeno	65
Figura 38. Soldadura de Bronce al Níquel utilizada en la reparación de los trépanos para operaciones de Workover	68
Figura 39. Soldadura de Bronce al Níquel, con revestimiento flexible, resistente al desgaste por fricción.	69

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Tabla comparativa de durezas.	63
Tabla 2: Aceros de baja aleación al molibdeno	66

RESUMEN

El Carburo de wolframio o Carburo de tungsteno es un material cerámico compuesto por Wolframio y Carbono. Pertenece al grupo de los carburos cuya composición química es W_3C hasta W_6C dependiendo del tipo de aleación, se está empleando, sobre todo, en la elaboración de herramientas de corte con aplicación en aleaciones ferrosas y no ferrosas. Aprovechando estas bondades se está empleando este material en muchas actividades industriales hoy en día, una de estas es la exploración y perforación de reservas petrolíferas, para dar mayor resistencia a brocas, tuberías de perforación, con el fin de dar mayor tiempo de vida y durabilidad ante el desgaste prematuro que generan los materiales abrasivos que estas herramientas encuentran durante la perforación de un pozo petrolero, trabajos de completación y reparación de pozos, al rellenar herramientas con insertos de este metal duro que es una aleación compuesta por una matriz de Cu-Ni-Zn, al que se agrega Carburo de tungsteno de diferente granulometría mediante el proceso de soldadura.

Utilizando una soldadura metálica de Cu-Zn-Ni (a 10% Ni como aglutinante), se usa un equipo de soldadura autógena para aplicar el relleno. Esta técnica de aplicar relleno de Carburo de tungsteno ha sufrido variaciones, ya que en la actualidad gracias al avance en las investigaciones por la búsqueda de nuevos materiales aparecen nuevos tipos de aceros para confeccionar las matrices.

Cada factoría mantiene su propia técnica para preparar una herramienta, pero cumpliendo los estándares de trabajo que se le solicita.

El uso de las herramientas que se confeccionan con Carburo de tungsteno es de conocimiento de las empresas petroleras (sin embargo el tipo de soldadura que se está

“Uso de Carburo de Tungsteno en la confección y/o reparación de trépanos para operaciones especiales de Workover en pozos petroleros.”

utilizando aún no ha sido patentado) para poder mejorar el desempeño de sus herramientas durante las etapas de perforación o reparación de un pozo.

Estas herramientas son Pilot Mill, Encono Mill, Taper Mill, String Taper Mill, Junk Mill (puede ser Trépano plano o un Concave Mill), cabe mencionar que cada herramienta desempeña una función de acuerdo al tipo de reparación o daño que se genera en un pozo.

Palabras claves: Carburo de Tungsteno, trépanos.

ABSTRACT

The tungsten carbide or tungsten carbide is a ceramic material composed of tungsten and carbon. It belongs to the group of carbides whose chemical composition is W_3C to W_6C depending on the alloy, is used, especially in the development of cutting tools with applications in ferrous and nonferrous alloys. Taking advantage of these benefits is that using this material in many industrial activities today, one of these is the exploration and drilling of oil reserves, to give greater resistance to bits, drill pipe, in order to give longer life and durability before the premature wear of abrasive materials generated by these tools are for drilling an oil well, work completion and workover, to fill the tools with carbide inserts which is an alloy composed of a matrix of Cu-Ni -Zn, which is added tungsten carbide different granulometry by the welding process.

Using a weld metal of Cu-Zn-Ni (10% Ni as a binder), using welding equipment for applying the filler. This technique of applying tungsten carbide filler has varied, as today thanks to advances in research for new materials finding new types of steels for making arrays.

Each factory maintains its own technique for making a tool, but meet the standards of work requested.

The use of the tools that are made from tungsten carbide is known by the oil companies (though the type of welding being used has not been patented) to improve the performance of their tools for drilling stages a well.

These tools are Pilot Mill, Mill bitterness, Taper Mill, String Taper Mill, Junk Mill (can be flat or Concave Reamer Mill), it is noteworthy that each tool plays a role according to the type of repair or damage that is generated in a borehole.

Keywords: Tungsten carbide, Mills.

I. INTRODUCCIÓN

Durante mucho tiempo se ha buscado un material que pueda soportar temperaturas elevadas y materiales abrasivos durante su trabajo para distintas aplicaciones industriales, siendo el carburo de wolframio o carburo de tungsteno gracias a un sin número de pruebas y trabajos realizados el que ha demostrado ser uno de los más resistentes. El cual está siendo empleado en la industria petrolera, en perforación, trabajos especiales en workover, por ello el éxito de este primer metal duro fue inmediato.

Aunque su costo de producción sea elevado, es más económico que el diamante, y como se menciona anteriormente una de sus bondades es que frente a los demás metales duros tiene la ventaja de mantener su dureza incluso a elevadas temperaturas. (Woods ,1961).

El Carburo de wolframio se está empleando, en la elaboración de utensilios de corte para trabajar metales o el acero. Asimismo se está usando para reforzar herramientas, brocas, tubería de perforación para enfrentar el desgaste prematuro que genera la perforación de un pozo petrolero, de igual manera en los trabajos de completación y reparación de pozos, al rellenar herramientas con insertos de este metal duro en una aleación compuesta por una matriz de Cu-Ni-Zn y el agregado de carburo de tungsteno de diferente granulometría. Fue desarrollado para las aplicaciones que exigen resistencia a la abrasión. (Servco, 1985).

Teniendo en cuenta que la tecnología en las operaciones de perforación de pozos exploratorios cada día es más avanzada, es de vital importancia mantenerse actualizado para que la perforación de pozos se realice de la manera más eficiente y optima, con nuevos materiales que contribuyan con estos fines mencionados, siendo

comprobado en el campo laboral durante las operaciones que he dirigido durante mi desarrollo profesional en el sector de extracción de hidrocarburos.

En base a la experiencia laboral, todos los sistemas de perforación implementados en el mundo deben contar con esta herramienta necesaria que es la “broca” enriquecida con carburo de tungsteno.

La broca ha desempeñado un papel importante en este campo se ha llegado a formular nuevas composiciones y diseños. Es importante tener en cuenta que los fabricantes de accesorios tienen sus propias especificaciones y codificación para cada broca, pero su objetivo en común es desarrollar una tecnología que nos permita avanzar en la perforación al menor costo posible y con las mejores condiciones de seguridad.

Dentro de la amplia gama de brocas utilizadas en la industria petrolera, generalmente se tienen: Brocas tricónicas, Brocas compactas (PDC), Brocas con insertos de carburo tungsteno y Brocas diseñadas para corazonar. (Baker Hughes, 2011).

Teniendo en cuenta que no todas las formaciones litológicas a perforar tienen las mismas características de compactación, dureza, etc., se diseñaron las brocas con insertos de carburo de tungsteno, siendo este material más resistente a la abrasión y desgaste que pueden generar dichas formaciones. (Tantal, 2008)

Es en la perforación donde se ha desarrollado el uso de este material duro con la fabricación de este barreno, existiendo suficiente información de su uso en operaciones, que ha contribuido la viabilidad económica en su utilización y garantía de buen avance en el rate de penetración durante la perforación, brindando excelentes condiciones de seguridad durante la operación.

La importancia de este trabajo radica en la preparación de trépanos con insertos de carburo de tungsteno, que son utilizados en trabajos especiales de reparación de pozos que son afectados por algún daño al momento de su intervención, crear tecnología propia utilizando los materiales existentes en el mercado, porque existe poca información al respecto de la fabricación o reparación de estas herramientas, esperando que en el futuro se incremente tecnología propia.

Por tales razones anteriormente mencionadas el objetivo de este trabajo fue preparar una herramienta que de seguridad, calidad y garantía durante la operación usando materiales existentes en el mercado nacional. (Tanto el acero usado en la matriz para confeccionar el tipo de herramienta, como la soldadura con aporte de carburo de tungsteno para insertar o rellenar la matriz).

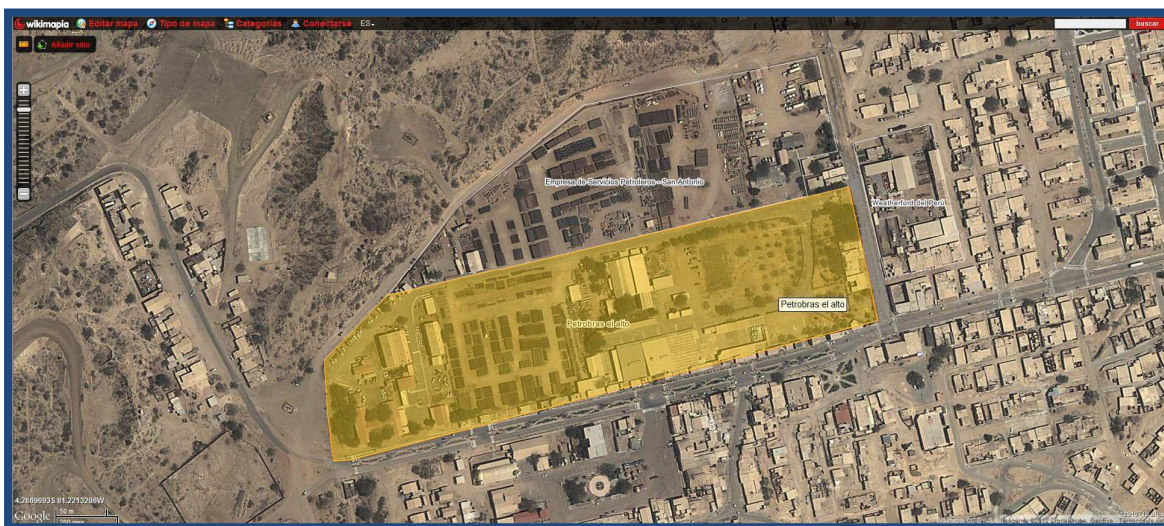
II. OBJETIVO GENERAL

- Confeccionar y/o reparar trépanos para operaciones especiales de workover en pozos petroleros utilizando el carburo de tungsteno.

III. UBICACIÓN Y DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PETROLERA

A continuación indicamos las **Coordenadas: 4°16'2"S 81°13'16"W**, donde está ubicado el centro de operaciones de Petrobras.

Figura 1 - Campamento PETROBRAS – El Alto



Fuente: Google Maps.

Figura 2 – Cuenca Talara – Lote X. Ubicación de los Yacimientos.

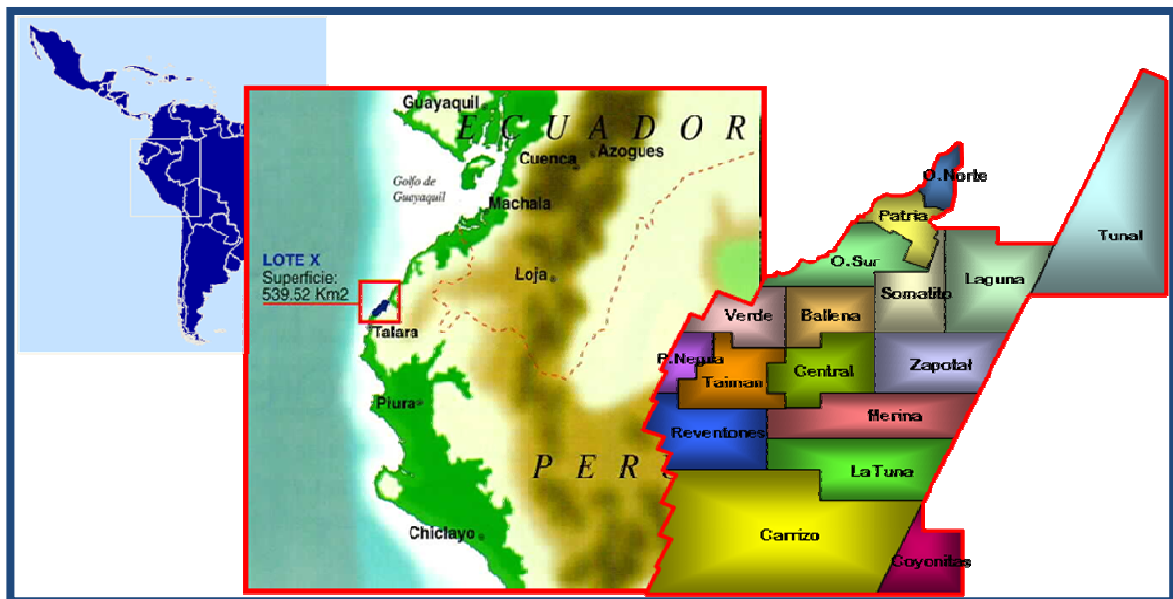


Figura 3 - Columnas Estratigráficas – Estructurales por Yacimientos – Lote X – Talara.

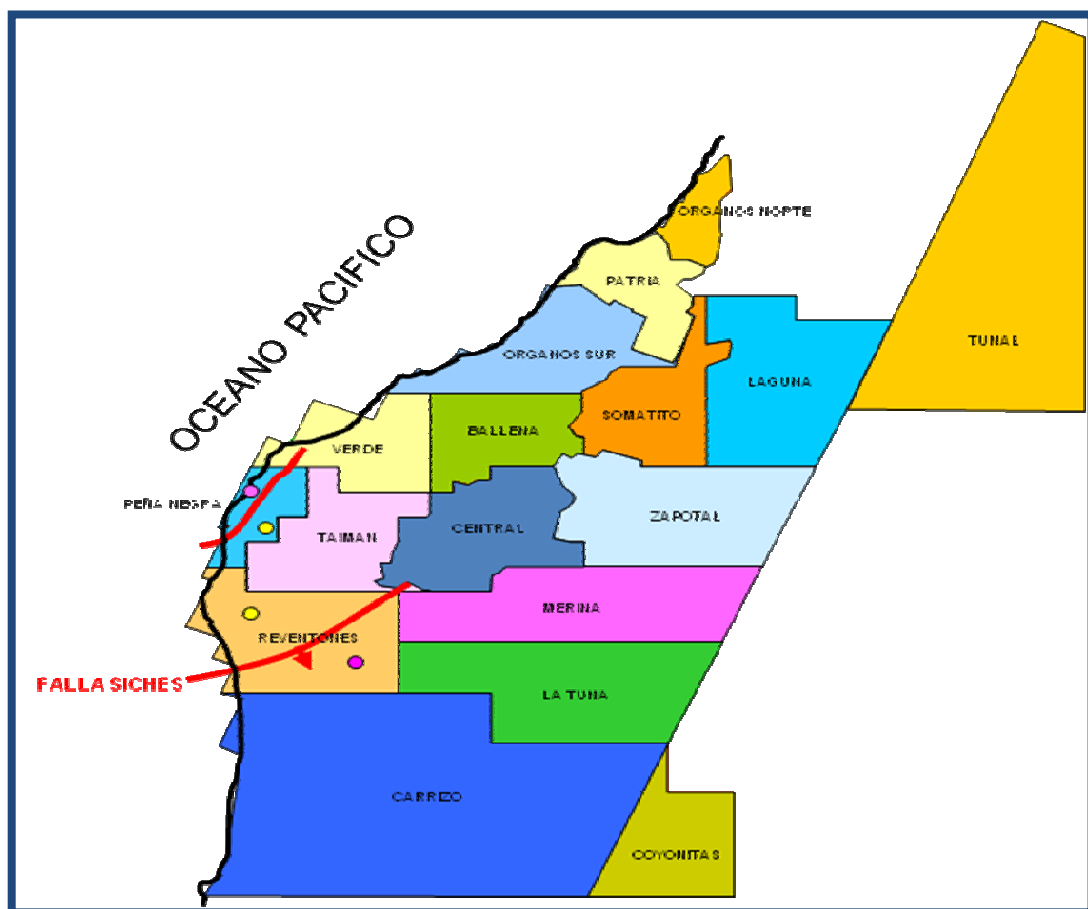


Figura 4 - Columna Estratigráfica: Formaciones que actualmente se están produciendo

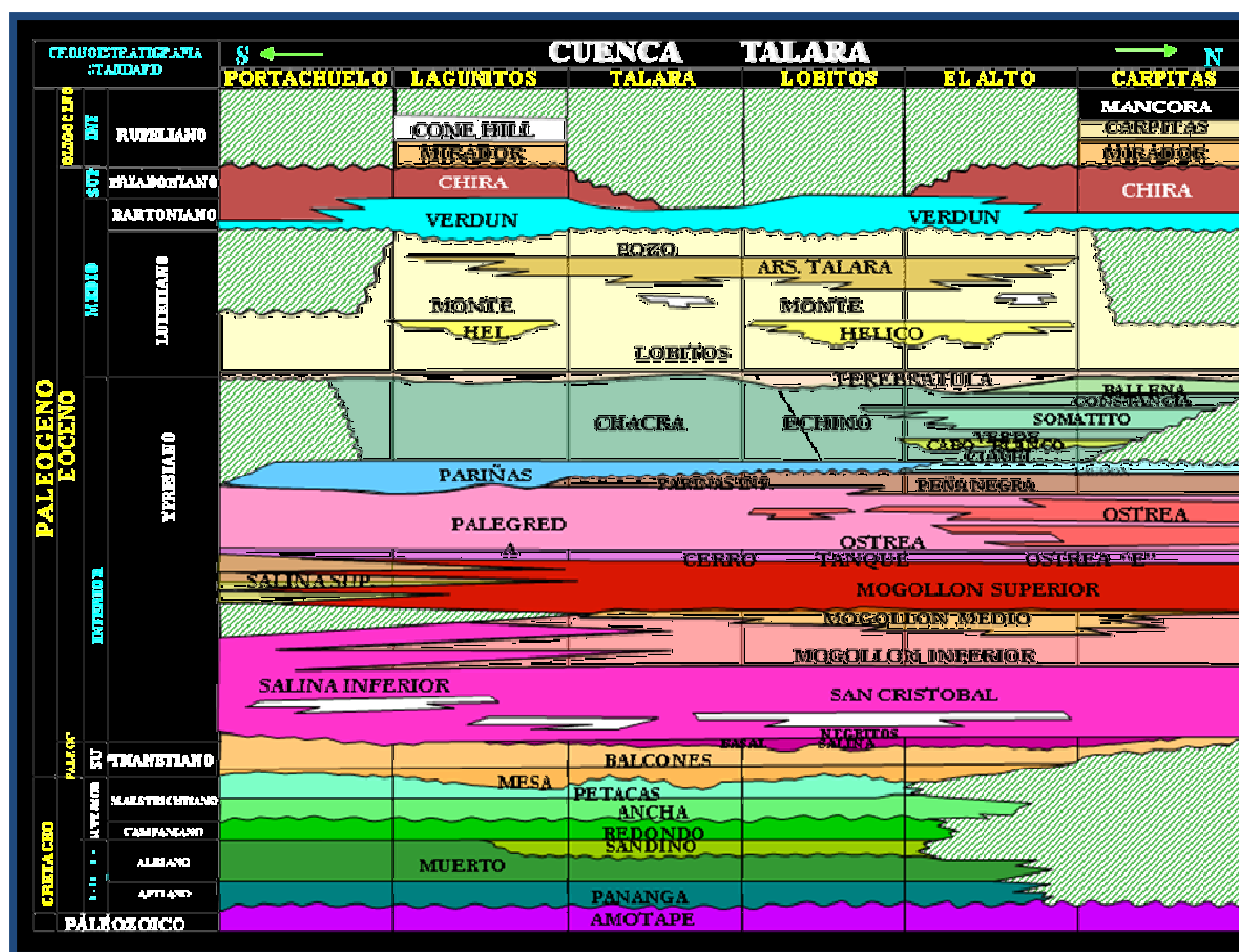


Figura 5 – Taladro de Perforación automático que opera en el Lote X - Talara



Figura 6 – Equipo de Workover.



Figura 7 – Vista panorámica de equipo de Workover.

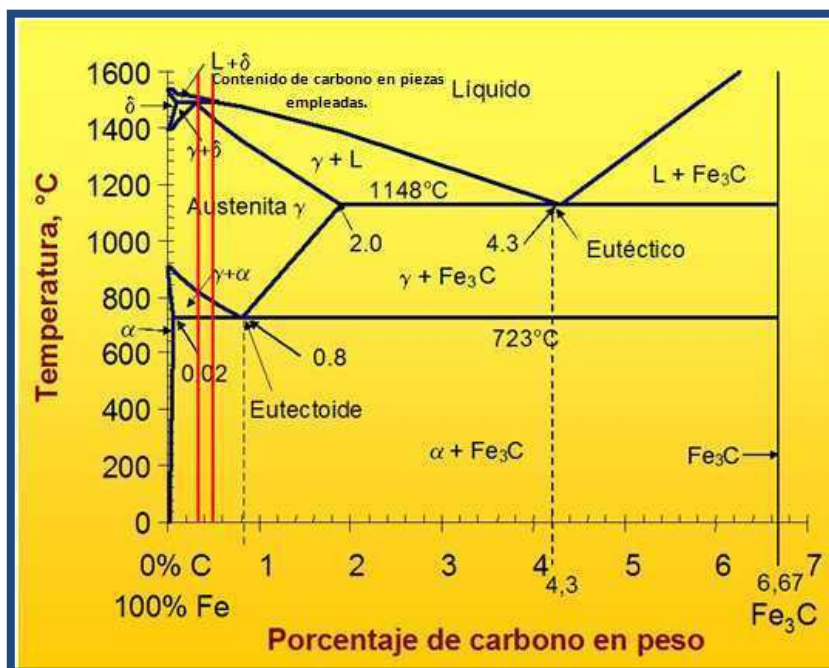


IV. ASPECTOS TEÓRICOS

4.1. Diagrama Fe-C

Los aceros que comúnmente usamos en la industria petrolera obedecen a una estructura cristalina, que dependen de la temperatura y porcentaje en peso (%C) de carbono utilizado para obtener la estructura deseada, según el trabajo que se desee realizar, a continuación adjunto el diagrama Fe-C, no para discutirlo si no para ubicarnos cuando hablemos del tipo de acero que requerimos para preparar la matriz de las herramientas. (Woods & Jefferson 1961). Es importante indicar que las piezas de acero que utilizamos en PETROBRAS – El Alto, contienen entre 0.34 – 0.41% de C. (%C indicado en la figura 8 por líneas rojas.)

Figura 8: Diagrama de fases de Fierro

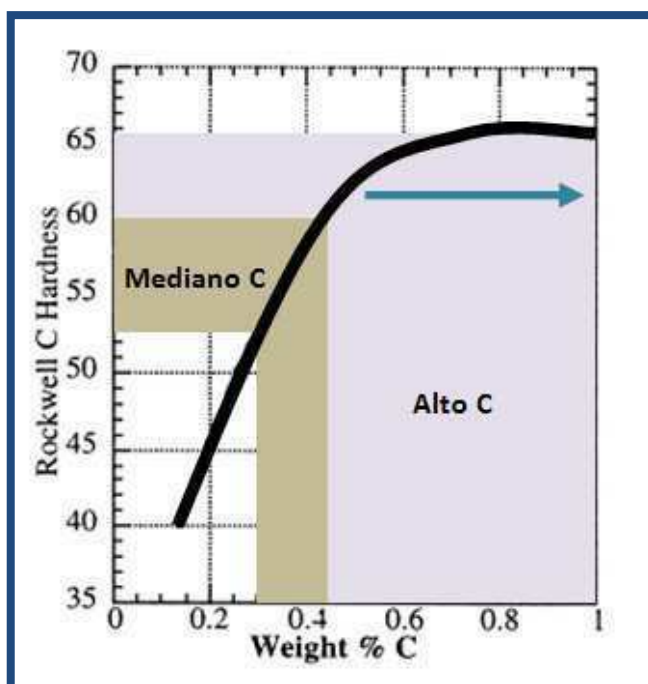


Fuente: *Curso de fundamento de ciencias de materiales* UPV – España & *“Metals and how to Weld them”*.

Los aceros que usamos para las operaciones de perforación y Workover, tienen propiedades resaltantes tales como: mayor dureza, resistencia al desgaste, y alta resistencia a la tracción, estamos refiriéndonos a aceros de mediano y alto contenido de carbono. Esto quiere decir que son aceros fundidos o aceros especiales.

Los aceros de mediano carbonos son aquellos que contienen entre 0.30 y 0.45% en peso de carbono y los de alto carbono contienen de 0.45 a 1.7% en peso de carbono, teóricamente hablando. (Van Vlack, 1974 y Guy, 1970). Ver figura 9.

Figura 9: Efectos del carbón en la dureza de un acero.



Fuente: “Carbon Diffusion Between the Layers in Modern Pattern-Welded Damascus Blades” & “Metals and how to Weld them”.

4.2. Composición de los aceros (Matriz)

La matriz de aceros usados para la elaboración de herramientas empleadas en Work Over, son aceros de tipos de aleación: C (0.34 y 0.41) % carbono, Cr (1,5 y 1,1 %), Ni (1,5 y 0) %, Mo (0,2 y 0,2) %, Si (0,30 y 0,2) %, Mn (0,50 y 0,7) %, estos dos tipos de aceros aleados son los que actualmente empleamos en nuestras operaciones de campo.

El primer acero especial esta bonificado por una aleación de Cromo-Níquel-molibdeno, el segundo es un acero especial bonificado por una aleación de cromo-molibdeno que son altamente resistentes a la tracción, torsión y a cambios de aplicación sin necesidad de tratamiento térmico adicionales, con dureza obtenible de 52- 56 HRC.

Nota: Estos aceros se suministran en estado bonificado, lo que permite en la mayoría de los casos su aplicación sin necesidad de tratamiento térmico adicional.

En caso de querer dar tratamiento térmico a estos aceros, se deben cumplir las instrucciones indicadas por el proveedor. Por ejemplo para nuestros aceros en mención:

- Forjado 1050 – 850°C.
- Recocido 650 – 700°C.
- Temple al aceite 830 – 860°C.
- Revenido 520 – 680°C.
- Normalizado 850 – 880°C.

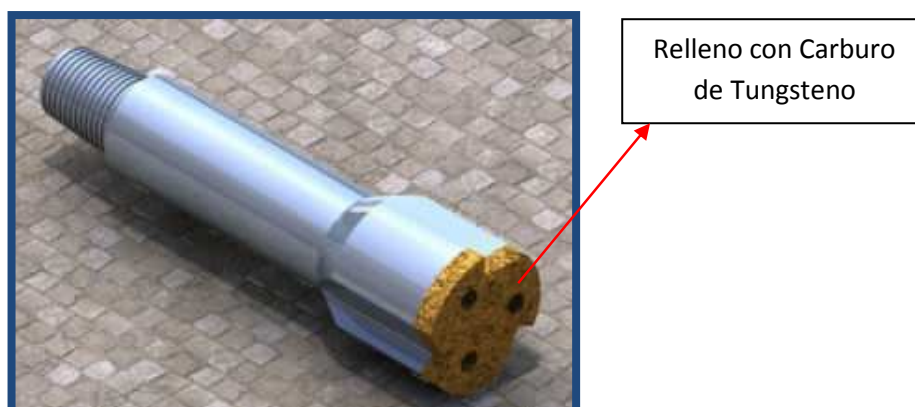
Es importante tener en cuenta que todos los aceros contienen menos de 1% Mn, 0.35% Si, 0.04% P, 0.005% S y cantidades residuales de otros elementos de aleación, a menos que se incluya otro elemento en su composición. (Böhler, 2007).

4.3. Herramientas (Servco, 1985)

Las herramientas que se preparan con matriz de los aceros indicados en Operaciones de Work Over son:

4.3.1. Trépano Plano – Junk Mill. (Ver figura 10)

Figura 10: Junk Mill



Fuente: *Servco, 1985. Data Handbook.*

Esta herramienta es de medidas 118 mm o 98 mm, siendo sometido a los siguientes parámetros de trabajo:

- Peso en trépano de 2000Lbs., incrementando gradualmente hasta 8000Lbs.
- Rotación de 0 a 100rpm, generando torques de 900 a 1800 Lb-pie torque.

- La temperatura existente según la profundidad donde se está interviniendo. (Petrex, 2010).

$$Tp = Ts + Gt * Pp \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

Tp= Temperatura de profundidad (°F) del pozo

Ts= Temperatura en superficie = 75°F

Gt= Gradiente de temperatura = 1.1°F cada 100 pies de profundidad = (1.1 °F /100 ft)

Pp= Profundidad del pozo (pies)

°C= 5/9 (°F – 32)

- El rate de bombeo de fluido para desplazar lo perforado (4 a 5 bls por minuto) y lubricar la herramienta, son parámetros que en conjunto producen desgaste en los trépanos.
- Presión hidrostática (PH) es la presión de un fluido a cualquier punto, ejercido por el peso de una columna de fluido sobre profundidad, que se resume en la fuerza de este sobre un área determinada. (Petrex, 2012).

$$(PH) = 0.052 \times D \times h \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

D= densidad del fluido

H= Profundidad vertical del pozo (pies)

Fc= factor de conversión= 0.052

PH= Presión Hidrostática= PSI= Lbs/pulgadas²

La función de las herramientas (trépanos) depende del trabajo que se va ejecutar en el acondicionamiento o reparación del pozo en las operaciones de workover que pueden ser: depósitos de carbonatos, perforaciones de tapones permanentes, remover arenas, arreglar puntas de Pesca (Tubo roto, mandrels de PKRs ó tapones), asistir en reparaciones y obstrucciones en el Casing del pozo (colapsos, depósitos de carbonatos, pared interna del casing). (Servco, 1985)

Es el constante desarrollo de buscar la manera de ampliar su eficiencia - calidad del servicio.

4.3.2. Otros trépanos que se usan

- **Pilot Mill**

Son adecuados para el fresado de las secciones de obstrucciones tubular y puede ser utilizado como un Trépano de vestir para la instalación de un parche carcasa. Pueden ser utilizados para la reparación y como herramientas de línea en el fondo del pozo petrolero. (Ver figura 11)

Figura 11: Elementos del Pilot Mill

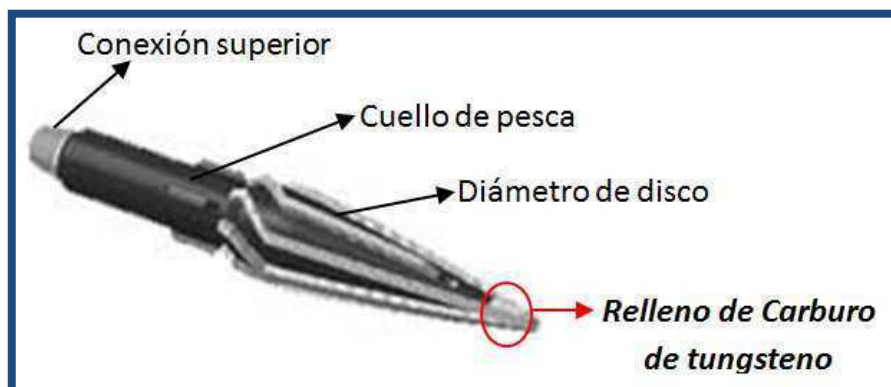


Fuente: Servco, 1985. *Data Handbook*.

- **Taper Mill**

Están diseñados específicamente para reparación a través de espacios estrechos en los tubulares. Estos son recomendados, para la limpieza de los revestimientos, tuberías y otros tubulares que se han derrumbado o deformado. También se puede emplear delante de otras herramientas de fresado para limpiar los tubulares (Casing de producción). (Ver figura 12)

Figura 12: Elementos del Taper Mill



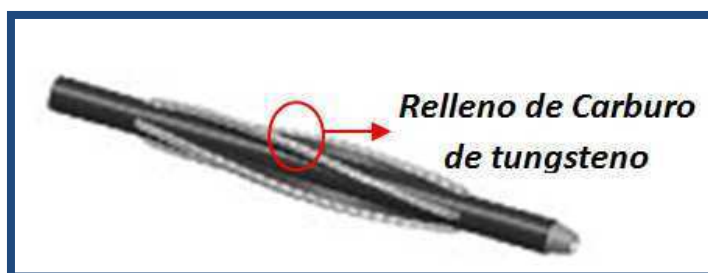
Fuente: Servco, 1985. *Data Handbook*.

- **String Taper Mill**

Son ideales para la limpieza de revestimientos de daños en las paredes del casing de producción, también se recomienda para la eliminación de obstrucciones en el agujero abierto. El diseño se estrecha desde la parte superior y la parte inferior del Trépano, permitiendo operaciones en ambas direcciones. Su precisión y caja de conexiones permiten al Trépano ser instalado en una cadena de cuello de perforación o en combinación con un conjunto de pilots más

pequeños para evitar la desviación lateral al quitar obstrucciones en los Trépanos cónicos casing.(Ver figura 13)

Figura 13: String Taper Mill

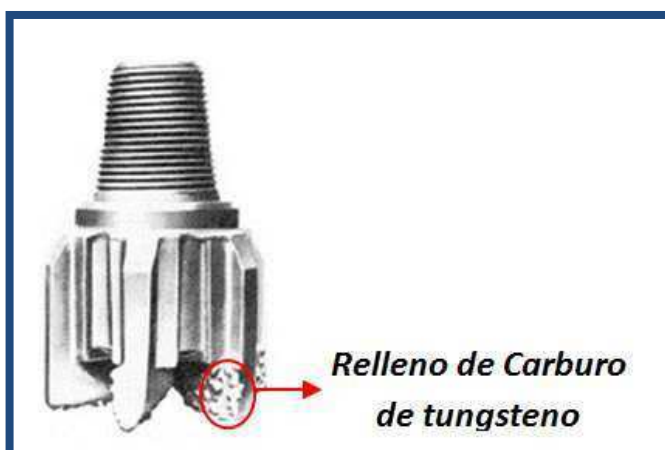


Fuente: Servco,1985. *Data Handbook*.

- **Econo Mill**

Se usa en operaciones de workover para perforar tapones, depósitos de carbonatos o romper depósitos de arena compactadas en el fondo del pozo, utilizando los mismos parámetros de trépanos usados en operaciones especiales de workover. (Ver figura 14.)

Figura 14: Econo Mill



Fuente: Servco,1985. *Data Handbook*.

Estas herramientas están sujetas a los parámetros indicados en los Trépanos Planos, cabe indicar que cada trépano cumple una función para lo que está diseñado.

4.4. Fundamento de un Trépano

El calzado de un trépano depende del tipo de trépano a usar y de la reparación que se va a ejecutar en un pozo petrolero.

Los trépanos son preparados con un metal duro usando la matriz indicada, este material es el Carburo de tungsteno que en escala de dureza esta después del Diamante, por esta razón es usado en la industria petrolera (perforación y workover). Es una aleación de: 82% de tungsteno, 12% Cobalto y 4% de carbón.

Para adherirlo a la matriz usamos soldadura de bronce niquelado, aplicando el proceso de soldadura oxiacetilénico. (Woods & Jefferson, 1961).

4.5. Procedimiento: Soldadura oxiacetilénico

En este procedimiento de soldadura, el calor necesario para soldar, es decir, para calentar las piezas y el metal de aportación y fundirlas, procede de una llama de alta temperatura obtenida por la mezcla y combinación del acetileno con el oxígeno. La llama oxiacetilénica genera temperaturas del rango de 5800 a 6300 °F, dependiendo de la relación oxígeno-acetileno ambos gases se mezclan en proporciones apropiadas, en un soplete proyectado y construido en forma tal que el soldador tiene la posibilidad de regular por completo la llama, ajustándola a las necesidades del trabajo.

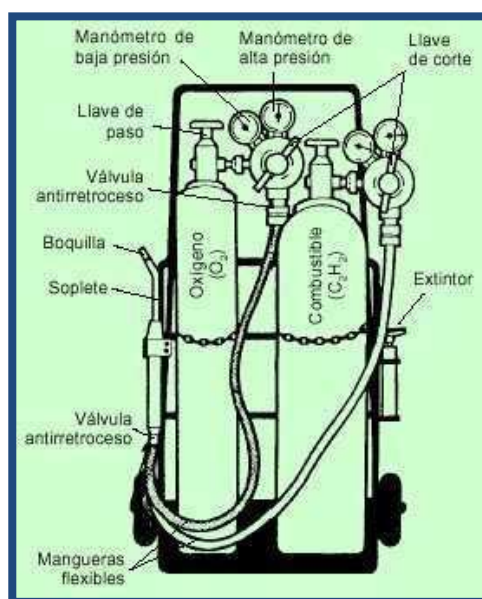
Para nuestro caso soldar en los que el metal de aportación es un metal o aleación no ferrosa cuyo punto de fusión esta encima de los 1000°F (537.78°C), pero es más bajo que la matriz donde se va a depositar (como relleno).

En conclusión, el metal base no llega a fundir pero el metal de aportación fluye fundido entre su superficie para generar un enlace o unión molecular de excelente resistencia. (Oerlikon, 1971 y Woods & Jefferson, 1985).

4.5.1. Características de los elementos de la soldadura Oxiacetilénica: (PETROPERÚ S.A, 2011)

Además de las dos botellas móviles que contienen el combustible y el comburente, los elementos principales que intervienen en el proceso de soldadura oxiacetilénica son los manoreductores, el soplete, las válvulas anti retroceso y las mangueras. (Oerlikon, 1971 y Woods & Jefferson, 1985). (Ver figura 15)

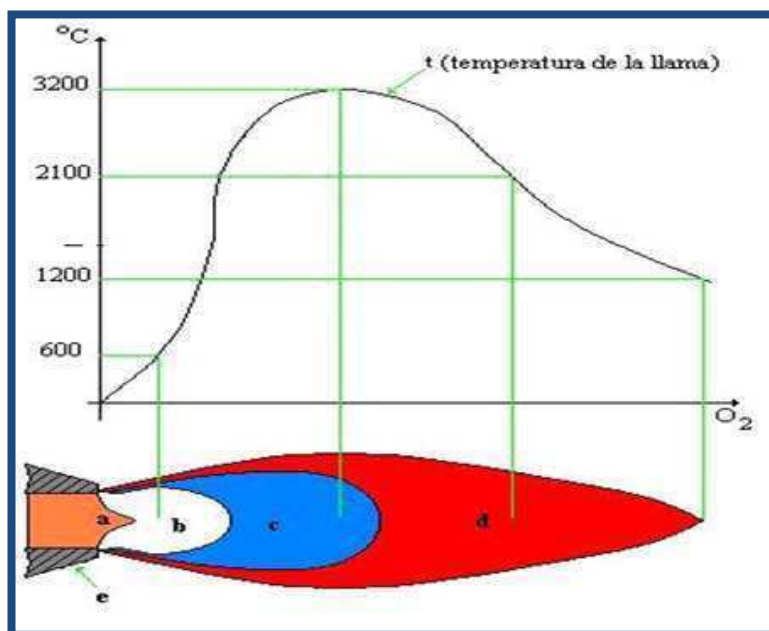
Figura 15: Elementos principales de una instalación móvil de soldadura oxiacetilén



Fuente: Imágenes de Google – Soldadura por Gas.

4.5.2. Regulación de la llama oxiacetilénica: (PETROPERÚ S.A, 2011)

Figura 16: Regulación de la llama oxiacetilénica



Fuente: Imágenes de Google – Soldadura por Gas.

La llama se caracteriza por tener dos zonas bien delimitadas, el cono o dardo, de color blanco deslumbrante y es donde se produce la combustión del oxígeno y acetileno y el penacho que es donde se produce la combustión con el oxígeno del aire de los productos no quemados.

La zona de mayor temperatura es aquella que esta inmediatamente delante del dardo y en el soldeo oxiacetilénico es la que se usa ya que es la de mayor temperatura hasta 3200°C, no en el caso del brazing.

La llama es fácilmente regulable ya que pueden obtenerse llamas estables con diferentes proporciones de oxígeno y acetileno. En función de la proporción de acetileno y oxígeno se disponen de los siguientes tipos de llama:

- Llama de acetileno puro: Se produce cuando se quema este en el aire. Presenta una llama que va del amarillo al rojo naranja en su parte final y que produce partículas de hollín en el aire. No tiene utilidad en soldadura.
- Llama reductora: Se genera cuando hay un exceso de acetileno. Partiendo de la llama de acetileno puro, al aumentarse el porcentaje de oxígeno se hace visible una zona brillante, dardo, seguida de un penacho acetilénico de color verde pálido, que desaparece al igualarse las proporciones.

Una forma de comparar la proporción de acetileno con respecto al oxígeno, es comparando la longitud del dardo con el penacho acetilénico medido desde la boquilla. Si este es el doble de grande, habrá por tanto el doble de acetileno.

- Llama neutra: Misma proporción de acetileno que de oxígeno. No hay penacho acetilénico.
- Llama oxidante: Hay un exceso de oxígeno que tiende a estrechar la llama a la salida de la boquilla. No debe utilizarse en el soldeo de aceros.

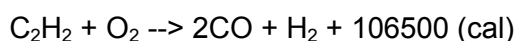
Tanto en este caso como en el anterior el penacho que se forma, produce la combustión del oxígeno con el aire de todos los productos que no se quemaron anteriormente.

Para ser más específicos con respecto a lo mencionado anteriormente presento las zonas puntuales y las reacciones químicas en este tipo de soldadura:

- Zona A:

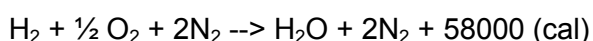
Se distinguen a su vez dos regiones en esta zona, a saber:

- ✓ Región 1: Se produce la mezcla de acetileno y oxígeno a temperatura baja. Se distingue como un cono o dardo de color azulado brillante.
- ✓ Región 2: Se sitúa inmediatamente después de la Región 1 y es donde tiene lugar la reacción primaria originándose a su vez un aumento brusco de la temperatura, alcanzando su valor máximo al final de un cono de color verdoso. La reacción que tiene lugar es reductora y por tanto apta para soldar.



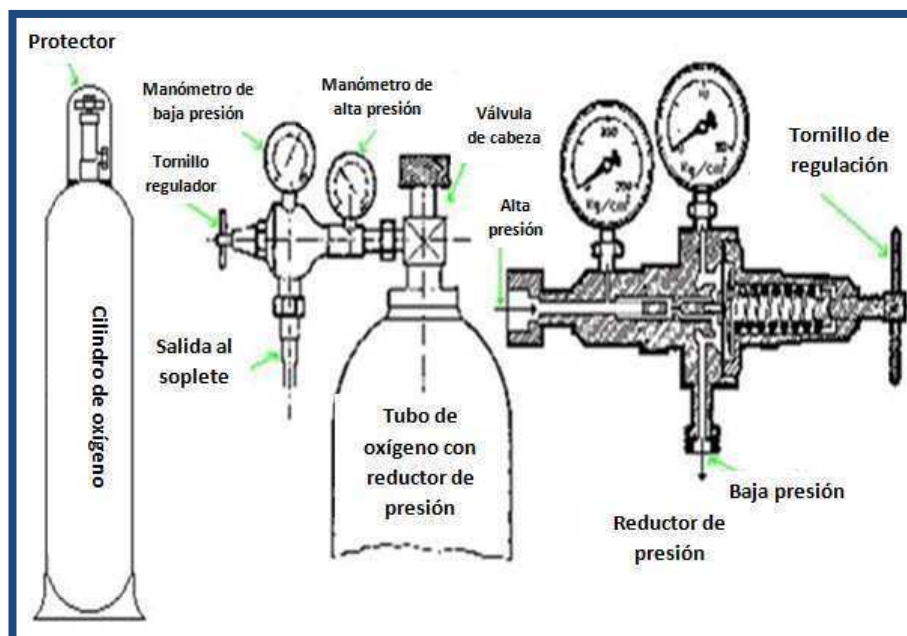
- Zona B ó Penacho:

En esta zona tiene lugar la reacción secundaria como consecuencia del contacto con el aire. No es una zona apta para la soldadura dado que su temperatura es baja. La zona de alta temperatura está poco definida y los gases resultantes no dan la protección adecuada.



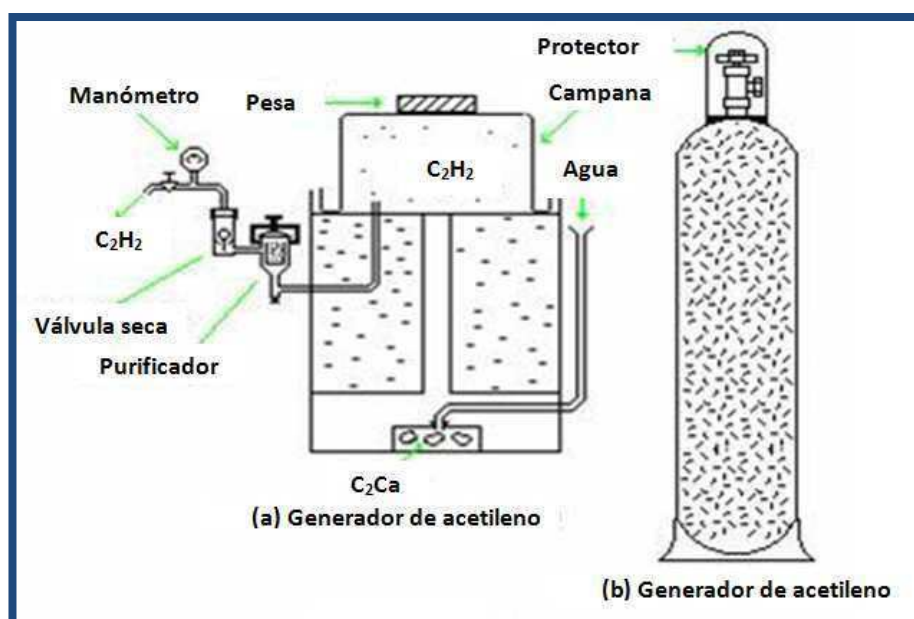
4.5.3. Parte de la soldadura oxiacetilénica: (PETROPERÚ S.A, 2011)

Figura 17: Sistema operativo soldadura oxiacetilénica



Fuente: Imágenes de Google – Soldadura por Gas.

Figura 18: Sistema de acetileno



Fuente: Imágenes de Google – Soldadura por Gas.

**4.5.4. Disposiciones para la correcta utilización de los cilindros:
(PETROPERÚ S.A, 2011)**

- Las válvulas deben ser purgadas para arrastrar toda materia extraña que pueda dañar el reductor. Si se presentan dificultades con la válvula se debe devolver el cilindro antes de ponerlo en servicio. No se debe intentar reparar las mismas.
- Los reductores para oxígeno deben ser conectados con tuercas y las de acetileno por medio de la grampa.
- Se debe usar la llave exacta para ajustar la tuerca que fija el reductor a la válvula del cilindro, una llave inadecuada, puede redondear la tuerca, la que en esa forma puede no quedar lo suficientemente apretada.
- Un excesivo ajuste puede por el contrario dañar los filetes de la tuerca debilitando la conexión.
- La válvula del reductor debe estar cerrada antes de abrir la del cilindro.
- Con la llave especial se debe abrir la válvula del cilindro de acetileno una vuelta completa.
- Antes de hacerlo se debe verificar que la válvula del reductor esté cerrada.
- Se recomienda ajustar moderadamente las conexiones de las mangueras al soplete con llave exacta.
- Se debe armar el pico apropiado al trabajo que debe ejecutar cuando se trate del soplete soldador y el pico e inyector que corresponda, cuando se trate del soplete cortador. Se debe ser

cuidadoso en el montaje de la cabeza y picos adecuados, los malos asientos de estas piezas provocan graves retrocesos de llama.

- Se debe probar o controlar las conexiones (reductor al cilindro, mangueras con los reductores y con el soplete) en busca de pérdidas.
- Para esta maniobra se debe utilizar agua jabonosa preparada con jabón libre de grasas. Aplicarla con un pequeño pincel.
- Se deben buscar pérdidas cuando hay problemas en las conexiones y cada vez que se cambie de cilindro.
- Si la pérdida de alguna unión subsiste después de un fuerte apriete, se debe desconectar y reparar con un trapo limpio. De continuar se debe revisar la unión.
- Cuando se crea que la manguera está dañada, se debe verificar su estanqueidad sumergiéndola en un balde con agua. Si aparece la pérdida, se debe cortar la parte dañada y empalmarla adecuadamente (los parches no son indicados para evitarlas; deben ser prohibidos).
- Las pérdidas pueden provocar retrocesos y explosiones prematuras y es por ello que deben ser eliminadas.
- Nunca se debe aceitar, ni engrasar el equipo oxiacetilénico de soldadura: el oxígeno tiene afinidad por los hidrocarburos. Se evita con ello la posible combustión espontánea causada por exposición al mismo y las consecuencias de su explosión.

- Por la misma razón nunca se debe intercambiar la manguera de aire comprimido con la de oxígeno porque las primeras pueden contener aceite.
- Se debe evitar que las mangueras sean pisadas, aplastadas por objetos pesados o quemadas por escorias calientes.
- El juego de mangueras individuales oxígeno y acetileno deben ser unidas cada 60 cm. aproximadamente para hacerlas mas manuales.
- El soplete se debe colocar en un lugar seguro. No colgarlo nunca del reductor o válvula de los cilindros y menos cuando está encendido.
- Jamás se debe introducir los cilindros en espacios cerrados tales como tanques calderas. Deben quedar siempre afuera de ellos.
- Al terminar el trabajo, se debe cerrar la válvula del cilindro del oxígeno y la del cilindro o generador de acetileno. Purgar las cañerías y sopletes. Aflojar los tornillos de regulación de los reductores de presión, así no quedan mangueras y equipos con presión.
- El manipuleo de los cilindros debe ser hecho siempre con cuidado especialmente con bajas temperaturas. No golpearlos ni exponerlos al calor.

4.5.5. Disposiciones para la seguridad del operador: (PETROPERÚ S.A, 2011)

- No se debe engrasar los guantes, cuando se endurezcan, deben ser reemplazados.

- El operador debe vestir ropas exentas de materiales grasos. La ropa engrasada expuesta al oxígeno arde rápidamente. Si están rasgadas o deshilachadas facilitan aún más esta posibilidad.
- Nunca se debe encender el soplete con fósforos. Con la llave de acetileno del soplete abierta el gas que sale de su pico puede formar mezcla explosiva en torno de la mano que tiene el fósforo.
- Debe encenderse el soplete, abriendo primero el robinete de oxígeno y luego el de acetileno.
- Tampoco debe reencender el soplete apagado valiéndose del metal caliente, pues no siempre enciende instantáneamente; dando lugar a la acumulación de gas que inflama violentamente.
- Para encender el soplete lo mejor es utilizar una llama piloto. Esta forma de encendido puede prevenir terribles quemaduras.
- El área donde se emplee el soplete debe ser bien ventilada para evitar la acumulación de las emanaciones.
- Mientras se suelde no tener fósforos ni encendedor en los bolsillos.
- Antes de cortar una pieza de hierro o acero se debe asegurar que no vayan a caer escorias en algún lugar poco accesible donde puedan causar un principio de incendio.
- El corte de recipientes cerrados lleva provocados muchos accidentes. En la mayoría de los casos pueden ser llenados con agua para desalojar los posibles gases que puedan contener y ventilar el lugar de corte para contrarrestar el calentamiento del aire interior.

- Durante el funcionamiento de un soplete cortador, una parte del oxígeno con el que se lo alimenta es consumida por oxidación del metal, el excedente retorna a la atmósfera. Un trabajo de oxicorte realizado en un local de dimensiones pequeñas puede enriquecer peligrosamente la atmósfera, lo que podría ocasionar accidentes muy graves por asfixia.
- Las explosiones prematuras o retrocesos pueden ser causados por recalentamiento del pico, por tocar el trabajo con el pico, por trabajar con presiones incorrectas; por suciedad u obstrucción. La llama se produce en el interior originando un ruido semejante a un silbido. Esta recalentará la boquilla o quemará la manguera.
- Cuando esto ocurra, cierre las llaves del soplete empezando por la de acetileno. Si el retroceso destroza las mangueras y origina incendio cierre con cuidado la válvula del cilindro de acetileno primero y la del de oxígeno después.
- El retroceso no hace más que poner de manifiesto un mal procedimiento o el mal funcionamiento del equipo.
- Nunca se debe dejar en el suelo el soplete encendido. En pocos segundos se apaga y para reencenderlo se debe prevenir contra una explosión, pues existe el riesgo de formar mezcla explosiva.
- Los trabajos de soldadura y de corte se hacen a temperaturas que sobrepasen en muchos grados a la de inflamación de los metales. De aquí que es importante tener cerca un extintor portátil para enfriar.

- Acostumbrar al personal a dar parte de los peligros tan pronto como lo vea. No interesa si estaba antes de venir a trabajar. Es importante poner en conocimiento del superior, deficiencias en el equipo, elementos mal guardados, pasillos bloqueados, etc.
- Se debe mantener el lugar de trabajo tan limpio como sea posible. De esa forma se puede eliminar muchos riesgos guardando los distintos elementos, incluidos los desperdicios, en recipientes adecuados.

4.5.6. Utilice los siguientes equipos e instalaciones de seguridad: (PETROPERÚ S.A, 2011)

- Ropa de trabajo.
- Delantal de cuero de descarné.
- Guantes, mangas o sacos de cuero de descarné.
- Polainas de cuero.
- Botines de seguridad.
- Máscara o pantalla facial con mirillas volcables, o pantallas de mano para soldadura.
- Protección respiratoria (barbijo para humos de soldadura).
- Biombo metálico.
- Matafuego.

4.5.7. Lo que nunca se debe hacer: (PETROPERÚ S.A, 2011)

- No usar jamás oxígeno en lugar de aire comprimido en las aplicaciones específicas de este gas (sopletes de pintar,

alimentación de herramientas neumáticas, etc.) Las consecuencias serán siempre gravísimas.

- No usar oxígeno o cualquier otro gas comprimido para enfriar su cuerpo o soplar en polvo de su ropa.
- No usar el contenido de un cilindro sin colocar el correspondiente reductor de presión.
- No lubricar las válvulas, reductor, manómetros y demás implementos utilizados con oxígeno, ni tampoco manipularlos con guantes o manos sucias de aceite.
- No permitir que materiales combustibles sean puestos en contacto con el oxígeno. Este es un gas no inflamable que desarrolla la combustión intensamente. Reacciona con grasas y lubricantes con gran desprendimiento de calor que puede llegar a la auto-inflamación. En otros casos basta una pequeña llama para provocarla.
- No utilice un cilindro de gas comprimido sin identificar bien su contenido. De existir cualquier duda sobre su verdadero contenido devuélvalo inmediatamente a su proveedor.
- No permita que los gases comprimidos y el acetileno sean empleados, por personas inexpertas. Su uso requiere personal instruido y experimentado.
- No conecte un regulador sin asegurarse previamente que las roscas son iguales.
- No fuerce conexiones que no sean iguales.

- No emplee reguladores, mangueras y manómetros destinados al uso de un gas o grupo de gases en particular en cilindros que contengan otros gases.
- No trasvase gas de un cilindro a otro, por cuanto dicho procedimiento requiere instrucción y conocimiento especializados.
- No utilice gases inflamables directamente del cilindro sin reducir previamente la presión con un reductor adecuado.
- No devuelva el cilindro con su válvula abierta. Esta debe ser cerrada cuidadosamente cualquiera sea el gas que contenga. Coloque también la tapa de protección.

4.5.8. Seguridad: (PETROPERÚ S.A, 2011)

- Riesgos y factores de riesgo
 - ✓ Soldadura:
 - Incendio y/o explosión durante los procesos de encendido y apagado, por utilización incorrecta del soplete, montaje incorrecto o estar en mal estado. También se pueden producir por retorno de la llama o por falta de orden o limpieza.
 - Exposiciones a radiaciones en las bandas de UV visible e Infrarrojo del espectro en dosis importantes y con distintas intensidades energéticas, nocivas para los ojos, procedentes del soplete y del metal incandescente.
 - Quemaduras por salpicaduras de metal incandescente y contactos con los objetos calientes que se están soldando.

- Proyecciones de partículas de piezas trabajadas en diversas partes del cuerpo.
- Exposición a humos y gases de soldadura, por factores de riesgo diversos, generalmente por sistemas de extracción localizada inexistentes o ineficientes.
- ✓ Almacenamiento y manipulación de botellas:
 - Incendio y/o explosión por fugas o sobrecalentamientos incontrolados.
 - Atrapamientos diversos en manipulación de botellas.

4.5.9. Normas de seguridad frente a incendios/explosiones en trabajos de soldadura: (PETROPERÚ S.A, 2011)

Los riesgos de incendio y/o explosión se pueden prevenir aplicando una serie de normas de seguridad de tipo general y otras específicas que hacen referencia a la utilización de las botellas, las mangueras y el soplete. Por otra parte se exponen normas a seguir en caso de retorno de la llama.

4.5.10. Normas de seguridad generales: (PETROPERÚ S.A, 2011)

- Se prohíben los trabajos de soldadura y corte, en locales donde se almacenen materiales inflamables, combustibles, donde exista riesgo de explosión o en el interior de recipientes que hayan contenido sustancias inflamables.

- Para trabajar en recipientes que hayan contenido sustancias explosivas o inflamables, se debe limpiar con agua caliente y desgasificar con vapor de agua, por ejemplo. Además se comprobará con la ayuda de un medidor de atmósferas peligrosas (explosímetro), la ausencia total de gases.
- Se debe evitar que las chispas producidas por el soplete alcancen o caigan sobre las botellas, mangueras o líquidos inflamables.
- No utilizar el oxígeno para limpiar o soplar piezas o tuberías, etc., o para ventilar una estancia, pues el exceso de oxígeno incrementa el riesgo de incendio.
- Si una botella de acetileno se calienta por cualquier motivo, puede explosionar; cuando se detecte esta circunstancia se debe cerrar el grifo y enfriarla con agua, si es preciso durante horas.
- Si se incendia el grifo de una botella de acetileno, se tratará de cerrarlo, y si no se consigue, se apagará con un extintor de nieve carbónica o de polvo.
- Después de un retroceso de llama o de un incendio del grifo de una botella de acetileno, debe comprobarse que la botella no se calienta sola.

4.5.11. Normas de seguridad específicas: (PETROPERÚ S.A, 2011)

- Utilización de botellas
 - Las botellas deben estar perfectamente identificadas en todo momento, en caso contrario deben inutilizarse y devolverse al proveedor.

- Todos los equipos, canalizaciones y accesorios deben ser los adecuados a la presión y gas a utilizar.
- Las botellas de acetileno llenas se deben mantener en posición vertical, al menos 12 horas antes de ser utilizadas. En caso de tener que tumbarlas, se debe mantener el grifo con el orificio de salida hacia arriba, pero en ningún caso a menos de 50 cm del suelo.
- Los grifos de las botellas de oxígeno y acetileno deben situarse de forma que sus bocas de salida apunten en direcciones opuestas.
- Las botellas en servicio deben estar libres de objetos que las cubran total o parcialmente.
- Las botellas deben estar a una distancia entre 5 y 10 m de la zona de trabajo.
- Antes de empezar una botella comprobar que el manómetro marca “cero” con el grifo cerrado.
- Si el grifo de una botella se atasca, no se debe forzar la botella, se debe devolver al suministrador marcando convenientemente la deficiencia detectada.
- Antes de colocar el mano - reductor, debe purgarse el grifo de la botella de oxígeno, abriendo un cuarto de vuelta y cerrando a la mayor brevedad.
- Colocar el mano - reductor con el grifo de expansión totalmente abierto; después de colocarlo se debe comprobar que no existen fugas utilizando agua jabonosa, pero nunca con llama. Si se

detectan fugas se debe proceder a su reparación inmediatamente.

- Abrir el grifo de la botella lentamente; en caso contrario el reductor de presión podría quemarse.
- Las botellas no deben consumirse completamente pues podría entrar aire. Se debe conservar siempre una ligera sobre-presión en su interior.
- Cerrar los grifos de las botellas después de cada sesión de trabajo. Después de cerrar el grifo de la botella se debe descargar siempre el mano - reductor, las mangueras y el soplete.
- La llave de cierre debe estar sujeta a cada botella en servicio, para cerrarla en caso de incendio. Un buen sistema es atarla al mano - reductor.
- Las averías en los grifos de las botellas debe ser solucionadas por el suministrador, evitando en todo caso el desmontarlos.
- No sustituir las juntas de fibra por otras de goma o cuero.
- Si como consecuencia de estar sometidas a bajas temperaturas se hiela el mano - reductor de alguna botella utilizar paños de agua caliente para deshelarlas.
- Mangueras
 - ✓ Las mangueras deben estar siempre en perfectas condiciones de uso y sólidamente fijadas a las tuercas de empalme.

- ✓ Las mangueras deben conectarse a las botellas correctamente sabiendo que las de oxígeno son rojas y las de acetileno negras, teniendo estas últimas un diámetro mayor que las primeras.
- ✓ Se debe evitar que las mangueras entren en contacto con superficies calientes, bordes afilados, ángulos vivos o caigan sobre ellas chispas procurando que no formen bucles.
- ✓ Las mangueras no deben atravesar vías de circulación de vehículos o personas sin estar protegidas con apoyos de paso de suficiente resistencia a la compresión.
- ✓ Antes de iniciar el proceso de soldadura se debe comprobar que no existen pérdidas en las conexiones de las mangueras utilizando agua jabonosa, por ejemplo. Nunca utilizar una llama para efectuar la comprobación.
- ✓ No se debe trabajar con las mangueras situadas sobre los hombros o entre las piernas.
- ✓ Las mangueras no deben dejarse enrolladas sobre las ojivas de las botellas.
- ✓ Después de un retorno accidental de llama, se deben desmontar las mangueras y comprobar que no han sufrido daños. En caso afirmativo se deben sustituir por unas nuevas desechando las deterioradas.
- Soplete
 - ✓ El soplete debe manejarse con cuidado y en ningún caso se golpeará con él.

- ✓ En la operación de encendido debería seguirse la siguiente secuencia de actuación:
 - Abrir lentamente y ligeramente la válvula del soplete correspondiente al oxígeno.
 - Abrir la válvula del soplete correspondiente al acetileno alrededor de 3/4 de vuelta.
 - Encender la mezcla con un encendedor o llama piloto.
 - Aumentar la entrada del combustible hasta que la llama no despida humo.
 - Acabar de abrir el oxígeno según necesidades.
 - Verificar el mano - reductor.
- ✓ En la operación de apagado debería cerrarse primero la válvula del acetileno y después la del oxígeno.
- ✓ No colgar nunca el soplete en las botellas, ni siquiera apagado.
- ✓ No depositar los sopletes conectados a las botellas en recipientes cerrados.
- ✓ La reparación de los sopletes la deben hacer técnicos especializados.
- ✓ Limpiar periódicamente las toberas del soplete pues la suciedad acumulada facilita el retorno de la llama. Para limpiar las toberas se puede utilizar una aguja de latón.
- ✓ Si el soplete tiene fugas se debe dejar de utilizar inmediatamente y proceder a su reparación. Hay que tener en

cuenta que fugas de oxígeno en locales cerrados pueden ser muy peligrosas.

- Retorno de llama

En caso de retorno de la llama se deben seguir los siguientes pasos:

- Cerrar la llave de paso del oxígeno interrumpiendo la alimentación a la llama interna.
- Cerrar la llave de paso del acetileno y después las llaves de alimentación de ambas botellas.
- ✓ En ningún caso se deben doblar las mangueras para interrumpir el paso del gas.
- ✓ Efectuar las comprobaciones pertinentes para averiguar las causas y proceder a solucionarlas.

4.5.12. Exposición a humos y gases: (PETROPERÚ S.A, 2011)

Siempre que sea posible se trabajará en zonas o recintos especialmente preparados para ello y dotados de sistemas de ventilación general y extracción localizada suficientes para eliminar el riesgo.

Es recomendable que los trabajos de soldadura se realicen en lugares fijos. Si el tamaño de las piezas a soldar lo permite es conveniente disponer de mesas especiales dotadas de extracción localizada lateral. En estos casos se puede conseguir una captación eficaz mediante una mesa con extracción a través de rendijas en la parte posterior.

4.6. Tipos de Soldaduras que se usara para la reparación y confección de un trépano.(Ver Anexo 01)

Soldadura usada para la fabricación y reparación de herramientas en la industria petrolera (perforación y Workover):

4.6.1. Varilla compuesta de fragmentos de carburo de tungsteno sinterizado en una matriz dúctil de cobre-zinc-níquel:

La aplicación oxiacetilénica, asegura la fijación de las partículas de carburo de tungsteno. Disponibles en dos grados: para corte y para abrasión. (Tecno Weld, 2011)

4.6.2. Varillas de Bronce-Níquel de baja expulsión de humos con 10% Níquel:

Aplicación, para soldadura oxiacetilénico por sus altas características mecánicas y son usadas de preferencia con otras aleaciones de soldadura. Una aplicación es como aglutinante para partículas de carburo de tungsteno. (Tecno Weld, 2011)

4.6.3. Fundentes en la soldadura por fusión:

Así como oxiacetilénica se emplean determinados agentes limpiadores llamados fundentes. Los fundentes están destinados a disolver o arrastrar consigo los óxidos que se forman en la superficie de diversos metales durante el calentamiento de los mismos, o bien, para impedir la formación de dichos óxidos.

Con respecto a los fundentes, la norma básica es usar siempre el fundente adecuado para el trabajo o varilla que se emplee. (Tecno Weld, 2011)

El carburo de wolframio o carburo de tungsteno es un compuesto cerámico formado por wolframio y carbono. Pertenece al grupo de los carburos, con composición química de W_xC donde $x = 3$ ó 6 . Se utiliza fundamentalmente, debido a su elevada dureza, en la fabricación de maquinarias y utensilios para trabajar el acero.

Además se está usando como relleno de herramientas (trépanos), empleando soldadura de bronce níquel al 10%Ni como aglutinante de los granos de carburo de tungsteno durante la soldadura oxiacetilénica.

El acabado final de las piezas sólo se puede realizar con métodos abrasivos. Se utiliza donde se requiera una alta resistencia al desgaste, como en el caso que vamos a tratar, específicamente en herramientas para operaciones petroleras de Work Over. (Tecno Weld, 2011 y Oerlikon, 1971 y Woods & Jefferson, 1985).

4.7. Programa de reparación de un pozo petrolero con trépanos

En toda intervención de un pozo en el que se ha generado un daño (pesca, depósitos de carbonatos, arena, etc.), es necesario preparar un programa de intervención para recuperar todo material extraño que quedó y dejar el pozo produciendo. (Petrobras, 2010) (Ver anexo 02)

V. PARTE EXPERIMENTAL

El desarrollo experimental se realizó en la factoría SERMEPET S.R.L. ubicado en Talara Alta, distrito de Pariñas.

Se preparó un trépano plano que es una herramienta la cual se utilizará para realizar un trabajo específico en pozo petrolero que ha sufrido un daño en uno de los elementos que se encuentran cumpliendo una función en el pozo. El tipo de Material que se usó para preparar trépanos:

- Herramienta a preparar o reparar
- Tipo de acero (Matriz) a usar que cumpla: Contenido de carbono en su composición, alta resistencia al desgaste, alta resistencia a la tracción y alta dureza. Generalmente son aceros de mediano y alto contenido de carbono.
- Preparar el tipo de herramienta. Usando Torno y Fresa.
- Usar Equipo oxiacetilénica
- Varillas Cu-48%, Ni- 10%, Si – 0.2%, Zn – 41.80%.(Ver Anexo 08)
- Varillas compuestas de fragmentos de carburo de tungsteno. (Ver Anexo 07)

Esta relación es general para preparar ó reparar: Un Trépano ó Zapato Lavador.

5.1. Procedimiento para preparar y/o reparar un trépano.

Durante años han sufrido modificaciones tanto la matriz como la soldadura que se usó para efectuar la aplicación (relleno) con metal duro (carburo de tungsteno) de lo que va a ser el trépano requerido: una matriz con alta dureza, resistencia al desgaste y resistencia a la tracción-Torsión. La soldadura debe tener propiedades de resistencia al desgaste por fricción. Se debe recordar que estas herramientas durante el trabajo que van a

desempeñar en la reparación del pozo, soportaran rotaciones entre 75 a 100 rpm, torques variantes entre 900 a 1800Lbs-pie torque, temperatura del pozo, presión hidrostática y peso sobre el trépano. Estos parámetros van a generar calor en el trépano que va a disminuir las propiedades mecánicas de la soldadura de bronce aplicada. Se le ayudara a la herramienta con bombeo de un fluido que desempeñara funciones como transportar lo perforado y de lubricar el trépano. De todas maneras habrá una energía residual que va ir generando un daño, al final se desprenderán los insertos de carburo de tungsteno por fatiga y se procederá a su reparación.

5.2. Ejecución en la preparación y/o reparación de un trépano: Modelo Trépano Plano (Tipo Junk Mill ó Concave Mill).

- Se confecciona la matriz (Trépano Nuevo) de lo contrario se repara el trépano (Ver Anexo 05 y 06) :

La matriz se elabora, en un acero de tipo de aleación (AISE:4340):
C 0,34%, Cr 1,5%, Ni 1,5%, Mo 0,2%, Si 0,30%, Mn 0,50%. Estado de suministro: bonificado 240 a 380 HB.

Es un acero especial de bonificación al Cromo Níquel molibdeno, altamente resistente a la tracción, a la torsión y cambios de flexión, insensible a sobrecalentamiento. Por su estado de suministro permitirá en la mayoría de los casos su aplicación sin necesidad de tratamiento térmico. Contratación térmico se alcanzara dureza entre 52 a 56 HRC. De igual manera se puede usar acero especial con bonificación con aleación de Cromo Molibdeno (AISE 4140): C 0,41%, Cr 1,1%, Mo 0,2%, Si 0,2%, Mn 0,7%.

- Soldadura de Bronce al Níquel con revestimiento flexible (Cu-48%, Ni-10%, Si-0,2 %, Zn-41.80%):

Resistente al desgaste por fricción. Ideal para unir piezas de carburo de tungsteno a bases de acero con alta resistencia, recubrimiento de superficies que requieran una gran resistencia a la fricción, se hacen muy resistentes por que endurecen en trabajo. Dureza: 130 HB(al depositarse), 200 HB (en Trabajo), rango de fusión: Solido 921°C, Liquido 935°C. Temperatura de trabajo 938-982°C. Método de calentamiento: soplete (Llama Neutra).

5.2.1. Procedimiento:

El Objetivo del método es hacer juntas resistentes en piezas cuyo punto de fusión es más alto que el del metal que se usa para el relleno y lazo de unión.

Se procede a limpiar el área a soldar eliminando el oxido o grasa, retirar relleno de soldadura de bronce niquelado con insertos de grano de carburo de tungsteno fatigado, biselar las secciones gruesas ó rajaduras. Use llama neutra y mantenga el soplete en un ángulo bajo con el metal base. Caliente hasta rojo mate y frote un poco de fundente al inicio del área a soldar.

Cuando el fundente fluya libremente deposite una gota de aleación pasando la llama sobre ella hasta que funda y ligue fácilmente. Agregue la aleación y carburo de tungsteno en simultáneo, hasta obtener la medida y la forma deseada. La soldadura de bronce

niquelado usada es para acomodar el grano de carburo de tungsteno depositado. La temperatura de trabajo oscila entre 938 – 982°C. Dejar enfriar lentamente al ambiente 18 hrs cubierto. Se usa esmeril con piedra para darle la forma final.

5.2.2. Secuencias en reparación del trépano Plano. (Ver Anexo 03)

Paso 1: se acomoda el trépano (matriz), que se va a proceder a reparar.

Paso 2: Se retira material fatigado compuesto por soldadura de bronce y granos de carburo de tungsteno se efectúa con equipo de soldadura oxiacetilénica temperatura aplicada 935°C.

Paso 3: Trépano plano libre de material fatigado. Se esmeriló con piedra de esmerilar.

Paso 4: Matriz lista para aplicar la soldadura de bronce con insertos de carburo de tungsteno.

Paso 5: Aplicación de soldadura de bronce niquelado en matriz de trépano, se usa equipo oxiacetilénico con boquilla #5, temperatura de Trabajo entre: 938 – 982°C.

Paso 6: Se deposita inserto de carburo de tungsteno en soldadura de bronce niquelado, aplicada en matriz, temperatura de trabajo entre: 938 – 982°C.

Paso 7: Acomodo de los insertos de carburo de tungsteno con soldadura de relleno de bronce niquelado 10%Ni, temperatura de trabajo entre: 938 – 982°C.

Paso 8: Aplicación de soldadura de bronce e insertos de carburo de tungsteno terminado.

Paso 9: El trépano es cubierto para su enfriamiento lento durante 18 horas.

Paso 10: El trépano plano es esmerilado para dar diámetro correcto.

Paso 11: Diámetro correcto.

Paso 12: Producto terminado.

Durante el trabajo de relleno de la pieza a reparar (Trépano Plano), se usó soldadura de Bronce Niquelado, Ni 10%, aplicando una técnica propia de acuerdo a las instrucciones del fabricante de la varilla y deposita paralelamente los granos de carburo de tungsteno aplicando la temperatura correcta. Se mantiene el cono interior de la llama separado de la pieza más o menos 25 mm. La pieza reparada cumple con el estándar de trabajo de nuestra operación y se cumple con el mismo procedimiento de reparación de trabajos anteriores, por estar familiarizado con los materiales por que se sigue usando la misma matriz y varilla de soldar, nos da buenos resultados en calidad y seguridad.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- La primera variación que se realizó fue el espesor del lomo de trabajo del trépano plano de 4" a $\frac{3}{4}$ ", debido a que se observó el exceso de soldadura aglutinante aplicado durante la instalación de insertos de carburo de tungsteno además de presentar fatiga en el tercer trabajo que se realizó.
- En el Trépano preparado se ha usado una mejor distribución de los granos de carburo de tungsteno y como aglutinante de soldadura el Cu-Ni-Zn a 10%Ni, obteniéndose resistencia al desgaste por fricción.
- El control de la eficiencia de este trépano se hizo por número de pozos intervenidos, al momento de presentar fatiga el cuál se observó cuando empezaron a desprenderse los granos de carburo de tungsteno, la reparación se realizó con el retiro total del relleno, el cual se reemplazó por material nuevo y no se volvió a rellenar sobre el material fatigado.
- Con respecto al trabajo, el contacto de rotación del material reparado, se obtuvo un resultado excelente porque el carburo de tungsteno de $\frac{3}{4}$ " esta mejor distribuido respecto al lomo de 4", el cual se fatigó menos; y esto nos dio una eficiencia en trabajo y en costos.

VII.CONCLUSIONES

- Se confeccionó y reparó trépanos para operaciones especiales de workover en pozos petroleros usando el carburo de tungsteno.
- Se logró optimizar el proceso utilizando la soldadura de Cu- Zn-Ni al 10%Ni en conjunto con la soldadura con incrustaciones de carburo de tungsteno en matriz Bronce- Níquel, dando la temperatura correspondiente y no generar una fatiga.
- Se recomendó una temperatura entre 938 °C- 982 °C de trabajo con llama neutra de soldadura oxiacetilénica.
- Se demostró que utilizar demasiada soldadura aglutinante y una inadecuada distribución de carburo de tungsteno la herramienta sería ineficiente.
- Se determinó que el lomo de trabajo de $\frac{3}{4}$ ” es más eficiente por tener la distribución del grano del carburo de tungsteno más compacta en la herramienta. (densidad del grano en la superficie)

VIII. RECOMENDACIONES

- Calentar la pieza de matriz a la temperatura adecuada para aplicar la varilla. Si se aplica antes de que este suficientemente caliente, el metal de aporte no correrá por la superficie de la pieza; por otro lado, si la pieza está demasiado caliente, la varilla fundida tenderá a hervir.
- Emplear el fundente adecuado a cada varilla.
- Cuando el carburo de tungsteno empieza a desprenderse en el trabajo de reparación, inmediatamente se repara el trépano para evitar contaminar el pozo y dificultar el avance del trabajo de reparación.
- La reparación del trépano consiste en el cambio integral del relleno de carburo de tungsteno. No efectuar la reparación sobre el material fatigado.
- Durante la operación de reparación evitarse golpear el trépano que causa el desprendimiento de los granos de carburo de tungsteno; cuyo trabajo del trépano es con rotación y peso.
- La aplicación de la matriz y la soldadura correspondiente garantiza trabajos de perforación y reparación de pozos. Es una herramienta con buenos resultados operativos porque la soldadura aplicada de aporte y unión de carburo de tungsteno es resistente al desgaste por fricción.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Backer Hughes, 2011. Catálogos de la compañía Hughes, tool división.
Texas – USA. Pag. 29.
- 2.- Böhler, 2007. Manual de Aceros Especiales. Lima – Perú. Pag. 25, 26 y 43
- 3.- Guy, A. 1970. Metalurgia física para ingenieros. Ed. Bilingüe. Edit. Addison – Wesley. Fondo Educativo Interamericano, S.A. Pag. 146
- 4.- Oerlikon, 1971. Manual de Soldadura. Ed. 3ra. Electrodo Oerlikon. División de Explosivos S.A. Lima – Perú. Pag. 53, 67, 73 y 95
- 5.- Petrex, 2010. Manual de Well Control. Eni Formazione – Petrex Saipem Group. Lima – Perú. Pag. 25
- 6.- Petrobras, 2010. Archivo de pozos. Talara – Perú.
- 7.- Petroperú, 2011. Manual de buen Procedimiento de trabajo en caliente en el área de tanques de Refinería- Talara.
- 8.- Servco, Smith. 1985. Data Handbook. Division of Smith International, Inc. Houston – Texas. Pag. 1,9,13,32 y 36
- 9.- Tantal Argentina S.R.L. 2008. Metal duro - Petróleo y Minería. Argentina. Pag. 6.
- 10.- Van Vlack, L. 1974. Materiales para Ingeniería. Compañía Edit. Continental, S.A. Sexta edit. México D.F. Pag. 319 – 321.
- 11.- Woods T. B. & Gorham J. Jefferson. 1961. “Metals and How to Weld them”. Second Edition. Cleveland-Ohio, The Welding Encyclopedia. 392. Pag. 109, 135, 138 y 161.

ANEXOS

ANEXO 01 – TIPOS DE SOLDADURAS

a) Varillas de Carburo de Tungsteno en matriz de bronce:

Varilla compuesta de fragmentos de carburo de tungsteno sinterizado en una matriz dúctil de cobre –zinc-níquel. Aplicación oxiacetilénica. Se asegura fijación de las partículas de carburo de tungsteno. Para abrasión en las coronas de perforación, estabilizadores, adaptadores y trépanos utilizados en trabajos de Work Over. (<http://www.comercialchile.cl/revestimientos/sp4.htm>) (Ver figura 19)

Figura 19. Varillas de Carburo de Tungsteno en matriz de bronce.



Fuente: Factoría SERMEPET S.R.L.- Talara- Perú

b) Varillas de bronce - níquel:

Varillas de bronce-níquel de baja expulsión de humos con contenido de 10% de níquel. Para soldadura oxiacetilénica. La soldadura posee altas características mecánicas y son usados de preferencia con otras aleaciones de soldadura. Una aplicación es como aglutinante para partículas de carburo de tungsteno.

(<http://www.comercialchile.cl/revestimientos/sp4.htm>). (Ver figura 20)

Figura 20. Varillas de bronce – níquel.



Fuente: Factoría SERMEPET S.R.L.- Talara- Perú

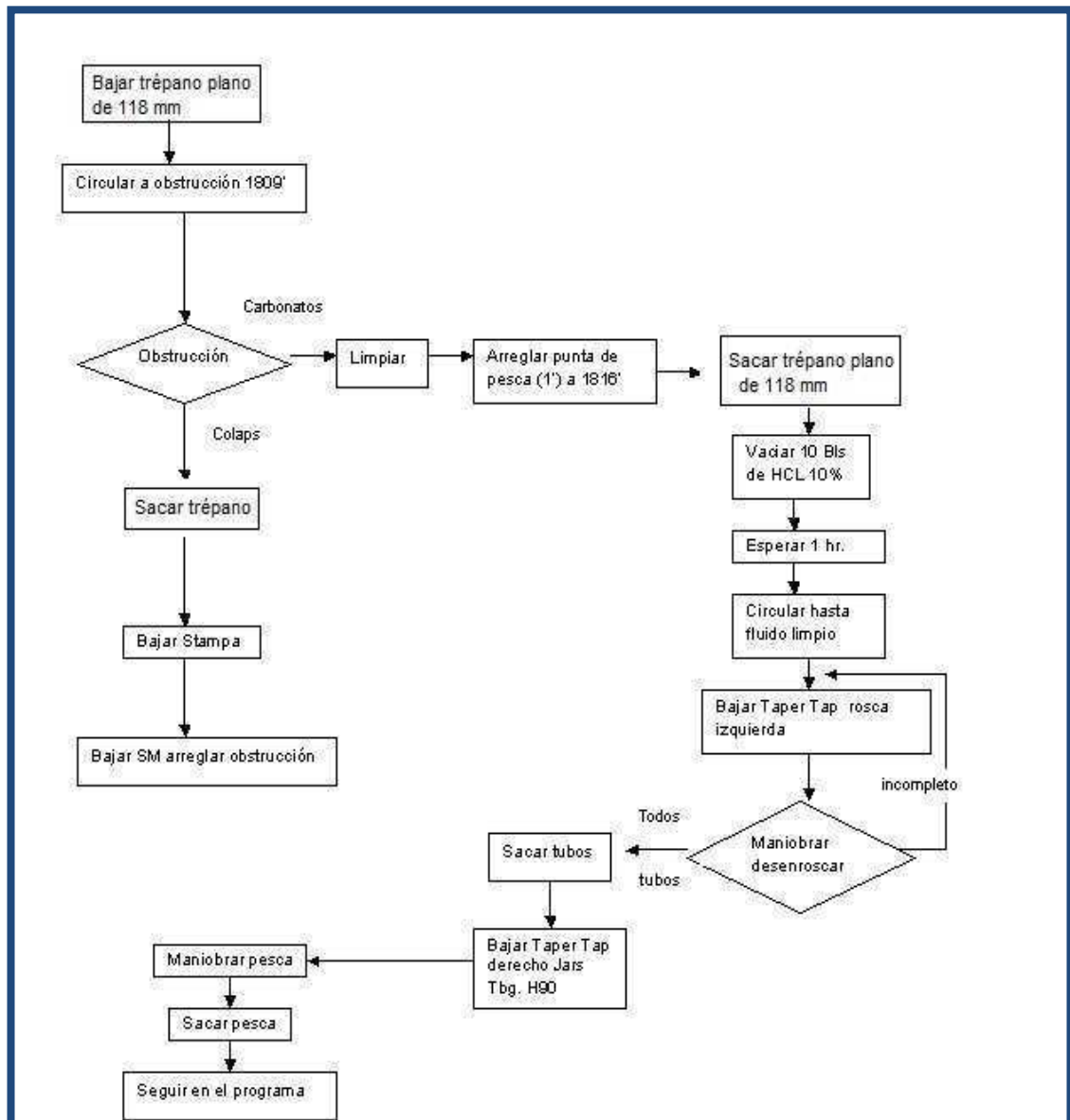
“Uso de Carburo de Tungsteno en la confección y/o reparación de trépanos para operaciones especiales de Workover en pozos petroleros.”

ANEXO 02

a) Figura 21. Programa de intervención y reparación de un pozo.

POZO:		XYZ		PROGRAMA DE REPARACION		FECHA:	
YACIMIENTO :				BAT:		JOB COST:	
CASING:		5 1/2 "		PRODUCCION BRUTA DIARIA (bbi):		ESTADO ACTUAL:	
TUBING:		2 7/8"		PRODUCCION PETROLEO (bbi):		ULTIMA REP:	
ZAPATO (ft):		2706 '		PORCENTAJE AGUA (%):		MOTIVO:	
ULTIMO FONDO (ft):		1780 '		ACUMULADO PETROLEO (Mbbi):		CIA. CABLE:	
ULTIMO FONDO (ft):		1780 '		ACUMULADO PETROLEO (Mbbi):		CIA SERV. & HTS :	
MOTIVO DE LA INTERVENCION:				INSTALACION ACTUAL			
EBF = "		EBT = "					
8 5/8 "		302 '		Tubing = 2 7/8" PT = 1616 NA = 1586 ANCLA = Varillas: 5/8" 3/4" 7/8" BOMBA : OBSERVACIONES:			
TOPE CM TO. ESTIM.		. @ 500'		PESCAO : TOPE @ 1816' , QUEDA 17' tbg 2 3/8" , pk @ 2313' , bzk @ 2315' (13/04/94)			
				DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES			
				1.- Bajar molino plano 118 mm 2.- Limpiar hasta tope obstrucción a 1809', Verificar tope de pesca a 1816' 3.- Sacar molino plano 4.- Bajar Tbg. 2 7/8" N80 con niple de asiento, cople dentado 5.- Vaciar 10 bls de HCL 10% 6.- Esperar 1 hr, reacción de ácido 7.- Circular hasta fluido limpio, sacar tubería 8.- Bajar Taper Tap rosca izquierda con tubería 2 7/8" rosca izquierda 9.- Maniobrar desenroque 10.- Seguir programa de pesca de acuerdo a diagrama de flujo adjunto			
TALARA		1061 '					
		1126 '					
LUT. TAL / HELICO		1292 '					
		1377 '					
ZONA CORROSION		1360 @ 1585'		MATERIALES			
LUT. TAL / HELICO		1496 '		1.- Tubería H 90 2 7/8" (90) 2.- Tubería 2 7/8" rosca izquierda (80) 3.- String Mill 118 mm (1) 4.- Molino plano 118 mm (1) 5.- Oil Jar (Jar Hidráulico)(1) 6.- Acc Jar (1) 7.- Taper Tap rosca izquierda (2) 8.- Taper Tap rosca derecha (2) 9.- Overshot S. 150 Graple 3 1/16" Graple 2 3/8" cuerpo 10.- 02 DC 11.- Tubos lavadores 4 1/2" (3) 12.- Reducciones H y D 2 3/8" (2) 13.- Zapato lavador (2)			
		1570 '					
ÚLTIMO TOPE		1780 '					
TPN CMTO OBSTRUCCION PESCAO		1795 @ 1809' 1809 ' 1816 '					
ECHINO		1895 '					
REBALEO		1895 / 2525 '					
ECHINO		1945 ' 2335 '					
TPN PMTE		2350 ' 2525 '					
FONDO LIMPIO		2671 ' 2706 '					
FC		2671 '					
ZG		2706 '					
K-55 x 15.5 #/pie: 2671 '							
Elaborado por: Clemente Palacio Z							

b) Figura 22. Diagrama de Proceso de Reparación de un pozo.



Elaborado por: *Clemente R. Palacios Zapata*

ANEXO 03

Secuencias en la reparación de trépano.

Figura 23. Trepano desgastado que va a reparación

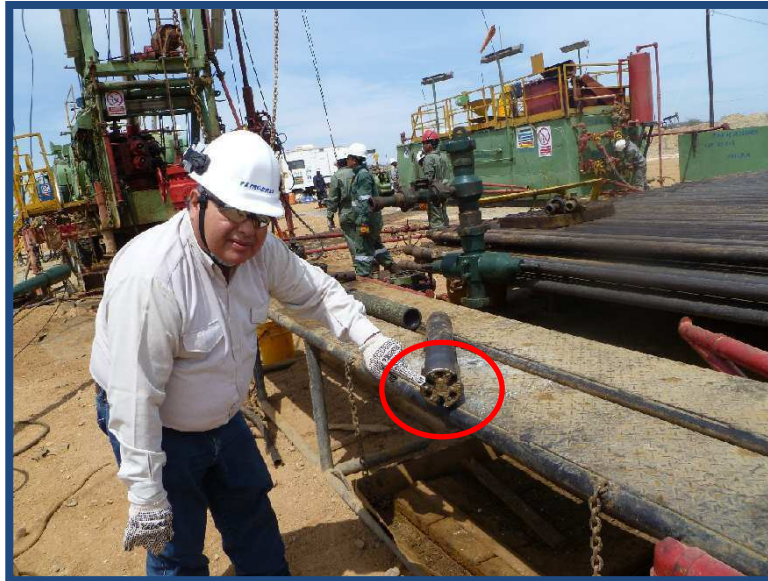


Figura 24. Paso 1. Acomoda trépano a reparar en mesa de trabajo



Figura 25. Paso 2: Se retira el material fatigado compuesto por soldadura de bronce e insertos de Carburo de Tungsteno.



Figura 26. Paso 3: Trépano libre de material fatigado



Figura 27. Paso 4: Matriz lista para aplicar la soldadura de bronce con insertos de Carburo de Tungsteno.



Figura 28. Paso 5: Aplicación de soldadura de bronce niquelado en matriz del trépano.



Figura 29. Paso 6: Se deposita inserto de Carburo de Tungsteno en soldadura de bronce níquelado, aplicado en matriz.



Figura 30. Paso 7: Acomodando los insertos de Carburo de Tungsteno con soldadura de relleno de bronce níquelado.



Figura 31. Paso 8: Aplicación de soldadura de bronce e insertos de Carburo de Tungsteno.



Figura 32. Paso 9: El trépano es cubierto para su enfriamiento lento durante 18 horas al aire libre.



Figura 33. Paso 10: El trépano es esmerilado para dar diámetro correcto.



Figura 34. Paso 11: Verificación del diámetro correcto.



Figura 35. Paso 12: Mantenimiento terminado exitosamente.



“Uso de Carburo de Tungsteno en la confección y/o reparación de trépanos para operaciones especiales de Workover en pozos petroleros.”


ANEXO 04

Tabla 1: Tabla comparativa de durezas.

**Tabla de equivalencias de diversas durezas.
Conforme normas ASTM E- 140, para aceros**

Dureza Rockwell C	Dureza Vickers	Dureza Brinell		Dureza Rockwell normal			Dureza Rockwell superficial			Dureza Shore	Temperatura de endurecimiento (°F)	Temperatura de endurecimiento (°C)
		Carga 3000 kg esfera 10 mm	Carga 1500 kg esfera 5 mm	Carga 150 kg esfera 1 mm	Carga 100 kg esfera 1 mm	Carga 50 kg esfera 1 mm	Penetradores de Diamante					
							15 N	30 N	45 N			
66	940			85.6		76.9	93.2	84.4	75.4	97		
67	900			85.0		76.1	92.9	83.6	74.2	95		
66	885		739	84.5		75.4	92.5	82.8	73.3	92		
65	832		722	83.9		74.5	92.2	81.9	72.0	91		
64	800		705	83.4		73.8	91.8	81.1	71.0	88		
63	772		688	82.8		73.0	91.4	80.1	69.9	87		
62	746		670	82.3		72.2	91.1	79.3	68.8	85		
61	720		654	81.8		71.5	90.7	78.4	67.7	83		
60	697		634	81.2		70.7	90.2	77.5	66.6	81		
59	674		615	80.7		69.9	89.8	76.6	65.5	80	326	228.2
58	653		595	80.1		69.2	89.3	75.7	64.3	78	315	220.5
57	633		577	79.6		68.5	88.9	74.8	63.2	76	305	213.5
56	613		560	79.0		67.7	88.3	73.9	62.0	75	295	206.5
55	595		543	78.5		66.9	87.9	73.0	60.9	74	287	200.9
54	577		525	78.0		66.1	87.4	72.0	59.6	72	278	194.6
53	560	500	512	77.4		65.4	86.9	71.2	58.6	71	269	188.3
52	544	487	496	76.8		64.6	86.4	70.2	57.4	69	262	183.4
51	528	475	481	76.3		63.8	85.9	69.4	56.1	68	253	177.1
50	513	464	469	75.9		63.1	85.5	68.5	55.0	67	245	171.5
49	496	451	455	75.2		62.1	85.0	67.6	53.8	66	239	167.3
48	484	442	443	74.7		61.4	84.5	66.7	52.5	64	232	162.4
47	471	432	432	74.1		60.6	83.9	65.8	51.4	63	225	157.5
46	458	421	421	73.6		60.0	83.5	64.8	50.3	62	219	153.3
45	446	409	409	73.1		59.2	83.0	64.0	49.0	60	212	148.4
44	434	400	400	72.5		58.5	82.5	63.1	47.8	58	206	144.2
43	423	390	390	72.0		57.7	82.0	62.2	46.7	57	201	140.7
42	412	381	381	71.5		56.9	81.5	61.3	45.5	56	196	137.2
41	402	371	371	70.9		56.2	80.9	60.4	44.3	55	191	133.7
40	392	362	362	70.4		55.4	80.4	59.5	43.1	54	186	130.2
39	382	353	353	69.9		54.6	79.6	58.6	41.9	52	181	126.7
38	372	344	344	69.4		53.8	79.4	57.7	40.8	51	176	123.2
37	363	336	336	68.9		53.1	78.8	56.8	39.6	50	172	120.4
36	354	327	327	68.4	(109.0)	52.3	78.3	55.9	38.4	49	168	117.6
35	345	319	319	67.9	(108.5)	51.5	77.7	55.0	37.2	48	163	114.1
34	336	311	311	67.4	(108.0)	50.8	77.2	54.2	36.1	47	159	111.3
33	327	301	301	66.8	(107.5)	50.0	76.6	53.3	34.9	46	154	107.8
32	318	294	294	66.3	(107.0)	49.2	76.1	52.1	33.7	44	150	105.0
31	310	286	286	65.8	(106.0)	48.4	75.6	51.3	32.5	43	146	102.2
30	302	279	279	65.3	(105.5)	47.7	75.0	50.4	31.3	42	142	99.4
29	294	271	271	64.7	(104.5)	47.0	74.5	49.5	30.1	41	138	96.6
28	286	264	264	64.3	(104.0)	46.1	73.9	48.6	28.9	41	134	93.8
27	279	258	258	63.8	(103.0)	45.2	73.3	47.7	27.8	40	131	91.7
26	272	253	253	63.3	(102.5)	44.6	72.8	46.8	26.7	38	127	88.9
25	266	247	247	62.8	(101.5)	43.8	72.2	45.9	25.5	38	124	86.8
24	260	243	243	62.4	(101.0)	43.1	71.6	45.0	24.3	37	121	84.7
23	254	237	237	62.0	100.0	42.1	71.0	44.0	23.1	36	118	82.6
22	248	231	231	61.5	99.0	41.6	70.5	43.2	22.0	35	115	80.5
21	243	226	226	61.0	98.5	40.9	69.9	42.3	20.7	35	113	79.1
20	238	219	219	60.5	97.8	40.1	69.4	41.5	19.6	34	110	77.0
(18)	230	212	212		96.7					33	106	74.2
(16)	222	203	203		95.5					32	102	71.4
(14)	213	194	194		93.9					31	98	68.6
(12)	204	187	187		92.3					29	94	65.8
(10)	196	179	179		90.7					28	90	63.0
(8)	188	171	171		89.5					27	87	60.9
(6)	180	165	165		87.1					26	84	58.8
(4)	173	158	158		85.5					25	80	56.0
(2)	166	152	152		83.5					24	77	53.9
(0)	160				81.7					24	75	52.5

Los valores entre paréntesis están fuera del rango normal y son dados apenas como información.

 **BÖHLER**

43

Los valores entre paréntesis están fuera del rango normal y son dados apenas como información.

BÖHLER

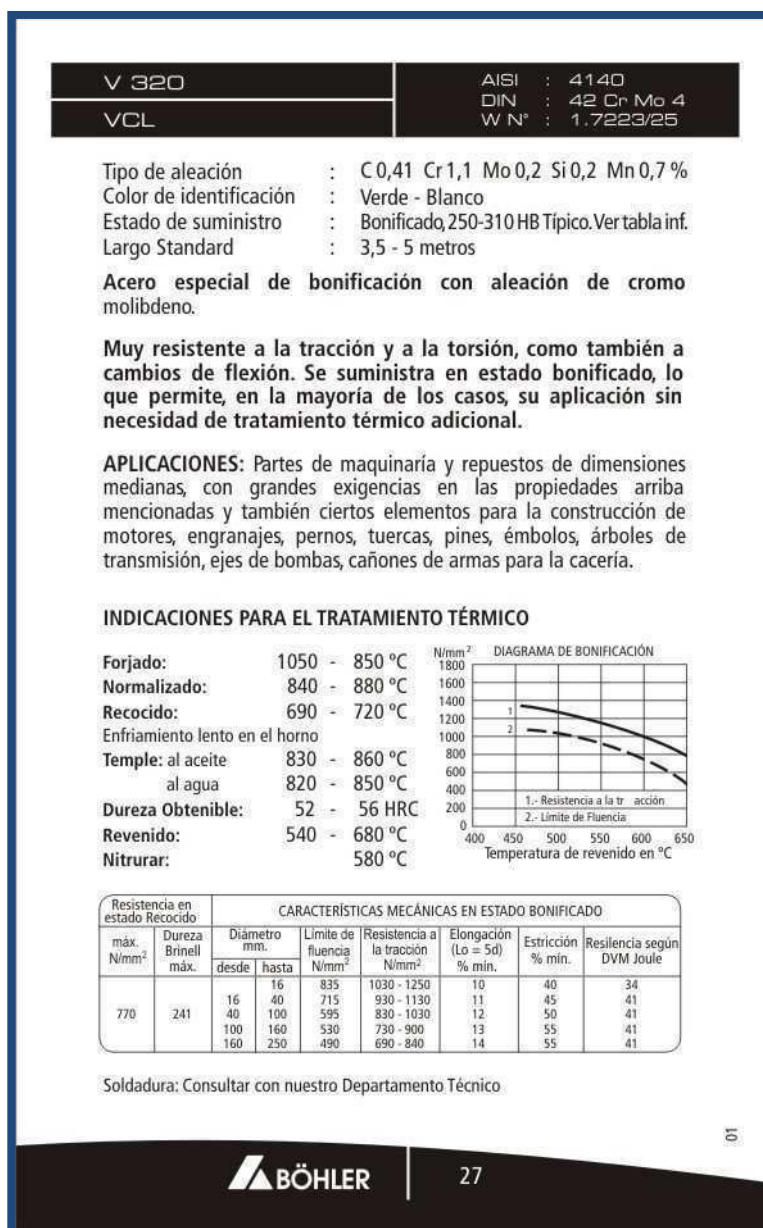
43

Fuente: Aceros Böhrer: Manual de Aceros Especiales.

ANEXO 05

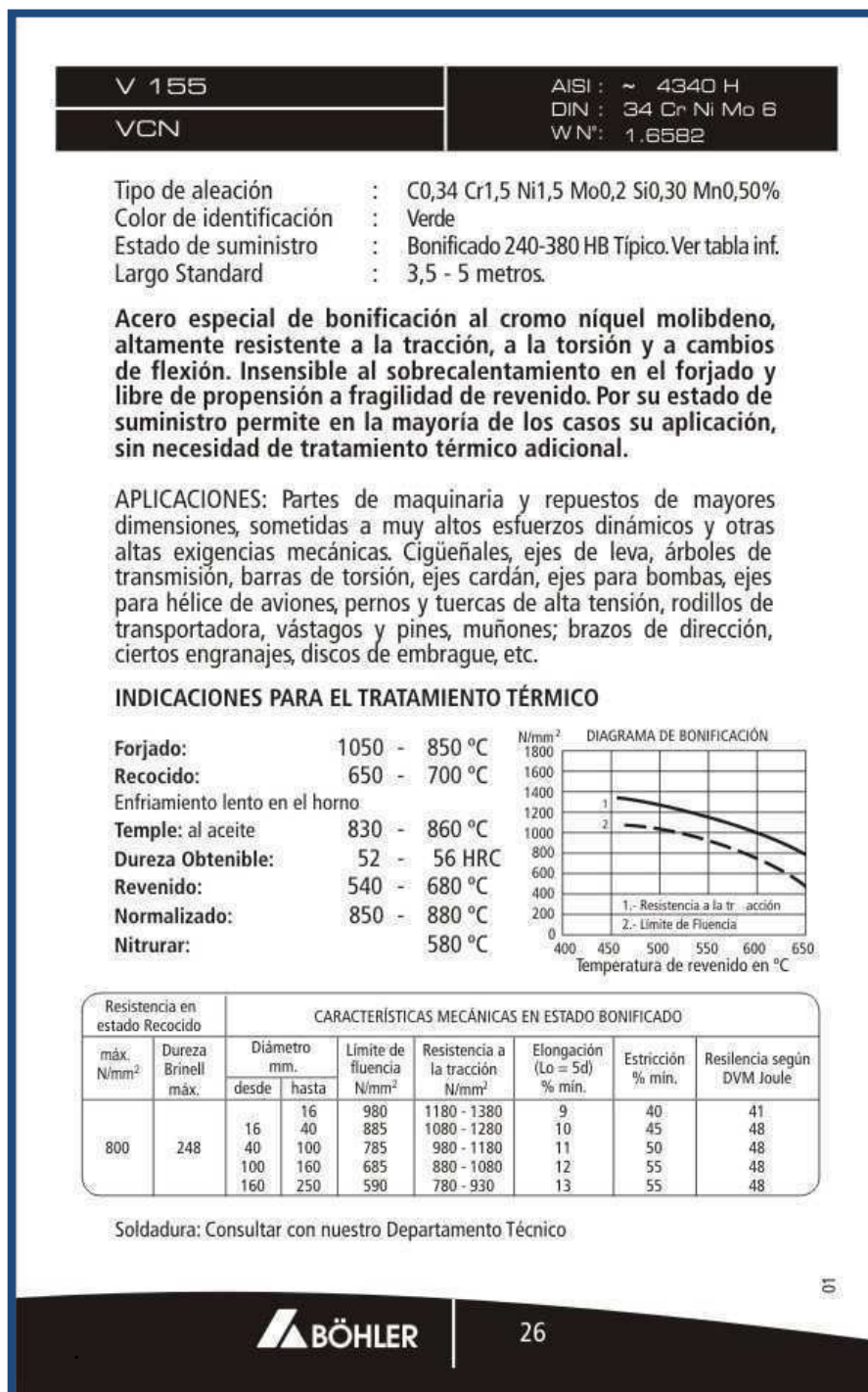
Hojas de especificaciones – Data sheet: Estos aceros son de baja aleación al molibdeno. Aceros usados para la confección de Matriz de las herramientas utilizadas en Operaciones especiales de Workover

Figura 36. Acero de baja aleación al molibdeno.



Fuente: Aceros Böhler: Manual de aceros especiales

Figura 37. Acero de baja aleación al molibdeno



Fuente: Aceros Böhler: Manual de aceros especiales

ANEXO 06

Aceros de baja aleación – Son todos los aceros cuya suma total de los elementos de aleación no sobrepasan del 10 %, siendo hierro el restante. Los aceros que usamos para la confección o reparación de la Matriz son: A4140 y A4340.

Algunos de estos aceros son:

TABLA 2: ACEROS DE BAJA ALEACIÓN AL MOLIBDENO

Acero AISI	Carbono	Manganeso	Niquel	Cromo	Molibdeno
A4023	0.20 – 0.25	0.70 – 0.90			0.20 – 0.30
A4042	0.40 – 0.45	0.70 – 0.90			0.20 – 0.30
A4068	0.63 – 0.70	0.75 – 1.00			0.20 – 0.30
A4140	0.38 – 0.43	0.75 – 1.00		0.80 – 1.10	0.15 – 0.25
A4150	0.48 – 0.53	0.75 – 1.00		0.80 – 1.10	0.15 – 0.25
A4320	0.17 – 0.22	0.45 – 0.65	1.65 – 2.00	0.40 – 0.60	0.20 – 0.30
A4340	0.38 – 0.43	0.60 – 0.80	1.65 – 2.00	0.70 – 0.90	0.20 – 0.30
A4615	0.13 – 0.18	0.45 – 0.65	1.65 – 2.00		0.20 – 0.30
A4620	0.17 – 0.22	0.45 – 0.65	1.65 – 2.00		0.20 – 0.30

Fuente: Oerlikon – Manual de soldadura

ANEXO 07.

Varillas de aleación con fragmentos de metal duro - Hard Braze



Descripción:

El Hard Braze es una aleación compuesta por una matriz de Cu-Ni-Zn y el agregado de Carburo de Tungsteno de diferente granulometría. Hard Braze fue desarrollado para las aplicaciones que exigen resistencia a la abrasión y una elevada acción de corte.

Aplicaciones:

La varilla está disponible en dos grados diferentes:

- a) Donde la acción de corte destructivo es prioritaria se utilizan partículas de carburo de tungsteno mayores. Ej.: Perforación de petróleo, Broca mill, "junks mill" y herramientas para pesca en gral., fresas frontales, trépanos de 6 aletas, etc.
- b) Donde se busca la protección contra el desgaste, se utilizan partículas finas, Ej.: estabilizadores, reparadores, mezcladores.

Datos técnicos:

Dureza de la matriz: 160 HB
Dureza Carburo: >1500 HV 10
Disponibles también con revestimiento de flux.

Presentación

1/2 " a 3/8 "	Blanca
5/16 " a 1/4 "	Verde
1/4 " a 3/16 "	Azul
3/16 " a 1/8 "	Amarillo
3/8 " a 5/16 "	Violeta
1/8 " a 1/16 "	Rosa
mall 10 a 18	Rojo

Dimensiones

Diámetro 8mm x 400mm de largo.


Nuevos productos

Varillas Tantal Titanio 5/16 (Triángulo)
Varillas Tantal Titanio 5/16 (Piramide)

Fuente: Tantal Argentina S.R.L., 2008

ANEXO 08

Figura 38. Soldadura de Bronce al Níquel utilizada en la reparación de los trépanos para operaciones de Workover.



TECNO WELD

SOLDADURA AUTOGENA DE:
COBRE FOSFOROSO
PLATA
BRONCE
ESTAÑO
ALUMINIO

BRAZING AND SOLDERING ALLOYS
PHOS - COPPER
SILVER
BRONZE
TIN
ALUMINUM

CERTIFICADO DE CALIDAD

CLIENTE: MAFYRSO E.I.R.L. CERTIFICADO N° 010 - 2011

Producto	: TB-85FC
Norma	: AWS-RBCuZn-D
Procedencia	: Nacional
Tipo	: Soldadura de Bronce al Níquel c/-revestimiento
Temperatura de Trabajo	: 938 - 982 °C
Métodos de Calentamiento	: Soplete (Llama neutra), Horno, Inducción.
Resistencia a la Tracción	: 60 Kg/mm ² (85,300 PSI)
Elongación en 2"	: 25%
Presentación	: Varillas redondas Ø 3/16" (4.8mm)
Composición Química	: Cu-48%, Ni-10%, Si-0.2%, Zn -41.80%

Se extiende el presente documento, a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

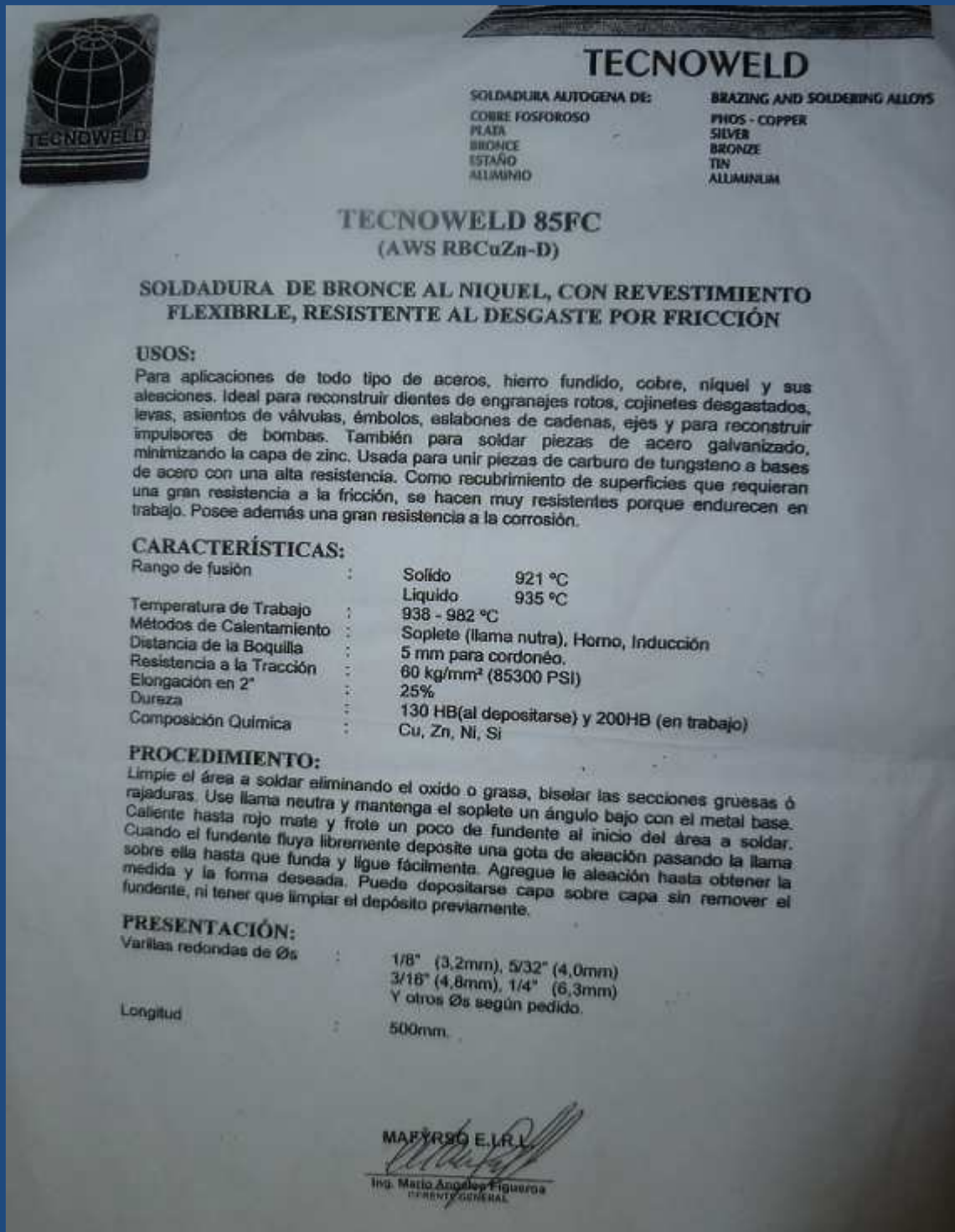
Lima, 31 de Agosto del 2,011

MAFYRSO E.I.R.L.
Ing. Mario Angeles Figueroa
GERENTE GENERAL

Fuente: TECNOWELD, 2011

“Uso de Carburo de Tungsteno en la confección y/o reparación de trépanos para operaciones especiales de Workover en pozos petroleros.”

Figura 39. Soldadura de Bronce al Níquel, con revestimiento flexible, resistente al desgaste por fricción.



TECNO WELD

SOLDADURA AUTOGENA DE:

COBRE FOSFOROSO	BRAZING AND SOLDERING ALLOYS
PLATA	PHOS - COPPER
BRONCE	SILVER
ESTAÑO	BRONZE
ALUMINIO	TIN
	ALUMINUM

TECNO WELD 85FC
(AWS RBCuZn-D)

SOLDADURA DE BRONCE AL NIQUEL, CON REVESTIMIENTO FLEXIBLE, RESISTENTE AL DESGASTE POR FRICCIÓN

USOS:
Para aplicaciones de todo tipo de aceros, hierro fundido, cobre, níquel y sus aleaciones. Ideal para reconstruir dientes de engranajes rotos, cojinetes desgastados, levas, asientos de válvulas, émbolos, eslabones de cadenas, ejes y para reconstruir impulsores de bombas. También para soldar piezas de acero galvanizado, minimizando la capa de zinc. Usada para unir piezas de carburo de tungsteno a bases de acero con una alta resistencia. Como recubrimiento de superficies que requieran una gran resistencia a la fricción, se hacen muy resistentes porque endurecen en trabajo. Posee además una gran resistencia a la corrosión.

CARACTERÍSTICAS:

Rango de fusión	Sólido 921 °C
	Líquido 935 °C
Temperatura de Trabajo	938 - 982 °C
Métodos de Calentamiento	Soplete (llama neutra), Hornos, Inducción
Distancia de la Boquilla	5 mm para cordonéa.
Resistencia a la Tracción	60 kg/mm ² (85300 PSI)
Elongación en 2"	25%
Dureza	130 HB(al depositarse) y 200HB (en trabajo)
Composición Química	Cu, Zn, Ni, Si

PROCEDIMIENTO:
Limpie el área a soldar eliminando el óxido o grasa, biselar las secciones gruesas ó rajaduras. Use llama neutra y mantenga el soplete un ángulo bajo con el metal base. Caliente hasta rojo mate y frote un poco de fundente al inicio del área a soldar. Cuando el fundente fluya libremente deposite una gota de aleación pasando la llama sobre ella hasta que funda y ligue fácilmente. Agregue la aleación hasta obtener la medida y la forma deseada. Puede depositarse capa sobre capa sin remover el fundente, ni tener que limpiar el depósito previamente.

PRESENTACIÓN:

Varillas redondas de Øs	1/8" (3,2mm), 5/32" (4,0mm) 3/16" (4,8mm), 1/4" (6,3mm) Y otros Øs según pedido.
Longitud	500mm.

MAFIRBO E.I.R.L.
Ing. Mario Ángel Figueroa
DIRECCIÓN GENERAL

Fuente: TECNOWELD, 2011